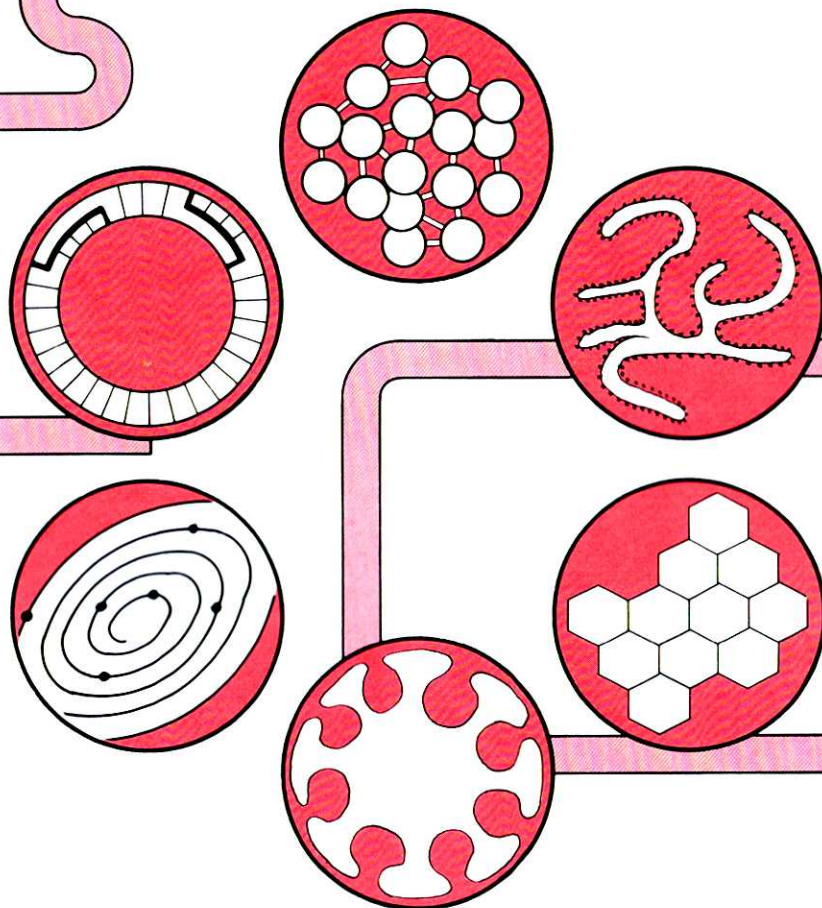


THE CHEMICAL TIMES

ISSN 0285-2446
KANTO CHEMICAL CO., INC.

1994年 No.2 (通巻152号)



目次

神経伝達物質と免疫(Ⅰ).....長瀬 博.....2	
(病は気から)	
ダルムシュタットのJ. リービヒの生家.....原田 馨.....9	
電子材料と電子デバイス:研究開発とその成果.....三宅 清司.....17	
エレクトロニクスとその発端(Ⅱ)	

編集後記.....24	
-------------	--

神経伝達物質と免疫(I)

(病は気から)

東レ基礎研究所 主席研究員 長瀬 博
リサーチフェロー 理学博士

1. はじめに

関東化学の伊勢原工場で麻薬、覚醒剤の話を中心に講演をした。その時、余談的にモルヒネの原料であるケシの実から得られる物質の化学修飾品が脳に作用して免疫抑制剤として、臓器移植に用いることができるという最近の著者の研究を発表した。その際、“病は気から”という話は迷信ではなく脳が免疫系、内分泌系も支配し、体の恒常性に大きな役割を果たしていることを強調した。すると、その話は非常に面白いから是非ケミカルタイムスに投稿してほしいと依頼を受けた。そこで、最近の著者の仕事を中心にして脳の中で情報の伝達をしている神経伝達物質が免疫系をいかにコントロールしているかを解説することにした。まず、“病は気から”ということについて科学的な裏付け、特に最近問題になっているストレスと病気の関係について述べる。脳が免疫、内分泌系をコントロールしている事実や、ストレスが加えられたときステロイドホルモンとともに我々の体内の鎮痛物質(脳内麻薬ともいう)というべき β -エンドルフィン(モルヒネと同じ作用を有するのでモルヒネ様物質をいう意味でオピオイドという)が出てきて精神的ストレスに対処する事実は脳を中心とする中枢神経系が体内の恒常性の維持に大きな役割を果たしていることを支持している。本総説では β -エンドルフィンに代表されるオピオイド性物質が免疫をコントロールするという最近の著者の仕事を解説するにあたりまず、“病は気から”について説明し、神経系と免疫系、内分泌系の関係について述べる。次に、モルヒネ様物質を意味するオピオイドについて解説し、オピオイドの中でも特に免疫に関係している δ 受容体の拮抗薬の免疫抑制作用について詳細に説明することにする。そこで、このような豊富な内容を一回では解説できないので、2~3回の連載にすることにする。以下、まず、“病は気から”について述べる。

2. 頭と健康

一般に頭のいい人というとき最も一般的には、勉強ので

きる人、記憶力の優れた人、ノーベル賞をもらうような独創性の高い人を考える。又、頭、すなわち、脳がその様な働きばかりでなく運動能力(小脳が関与)、音楽、絵画等の情動的な面(大脳の一部が関与)もコントロールしていることは知られている。しかし、体の健康も頭が支配していることは意外と知られていない。最近、ストレスは体に良くないとか自律神経失調症とか過労死という言葉をよく耳にする。又、昔から言われている言葉で“病は気から”というのがある。これらの言葉は頭、すなわち脳が健康をコントロールしていることを意味している。しかし、“病は気から”などと言うと、古い頑固爺さんが若者を叱る時の専売特許で迷信ではないかと思われる人が多いと思う。それでは試験中は気が張っていて風邪をひかなかったが、終わった途端に気が緩んでひいてしまったという経験をもつ人が多いことや、最近、癌の患者を寄席に連れて行って笑わせることにより延命をはかるという試みが成功を治めているという話もテレビで放送していたが、この様なことをどう説明できるのか。さらに興味あることには、ある鄙びた村に大きな病院ができると、当然、この地区の伝染病は減り、健康状態は著しく良くなった。しかしおどろいたことに、この病院の恩恵を受けなかった近隣の村の人々も健康になってしまったという話もある。ペニシリンが発見されたことで結核にかかる人が極端に減ってしまったことも面白い現象である。この事は健康になる方法が見付かったと聞いただけでこの方法を実行しなくても健康になり、ある病気の治療薬が発見されたことと知ると、その薬をのまなくても、この病気の罹患率、発病率が減少することを意味している。この様に気分によって健康に変化がみられるような現象が最近多く報告されている。大木幸介先生は彼の著書の中で脳と健康ということを分かりやすく解説されている。それによると(図1)脳は原始脳とよばれる大脳基底核、大脳辺縁系(海馬、扁桃核、側坐核に代表される)、及び、脳幹の部分と高度な知的創造力に関係する大脳新皮質からなる。原始脳は動物に共通に存在し、高等

動物になればなるほど大脳新皮質の発達が目立つ(図2)。この共通部分の原始脳が健康に関係しているということである。現在ではかなり多くの病気が心身症として考えられ、特に消化性潰瘍、消化性大腸炎、高血圧、甲状腺機能亢進症、慢性関節リウマチ、神経性皮膚炎、気管支喘息の7つの疾患が代表的なものとされている。このような心身症にあげられるものは原始脳のコントロールがストレス等の原因で支障をきたして生ずるものと思われる。

以上の様に脳と病気の関係の概略について述べたが、以下にさらに詳細に脳が免疫系、循環器系と関係している(図3)ことについて説明する。

図1. 大脳辺縁系を透視する

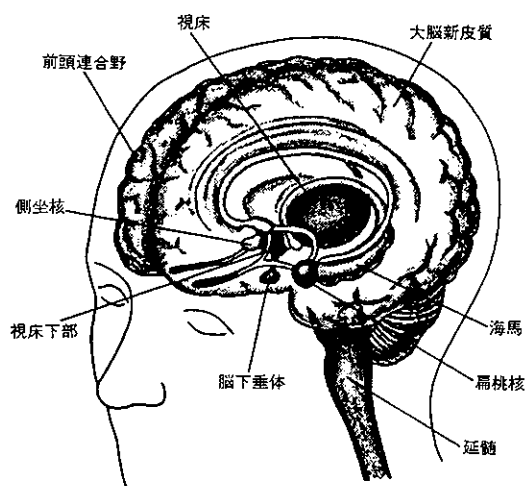


図3. 中枢(脳)、免疫系、循環器系(内分泌系)の関係

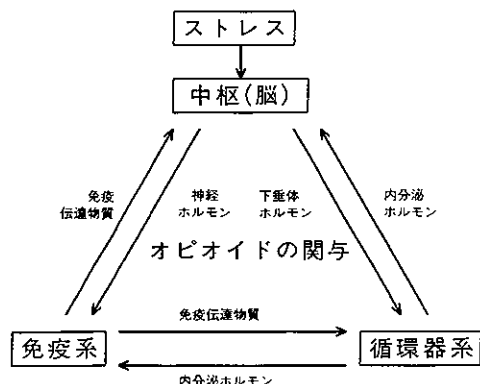
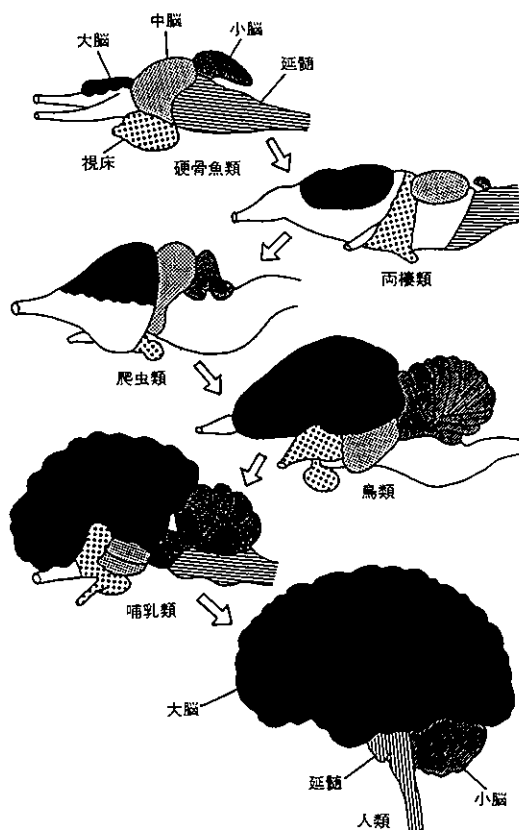


図2. 脊椎動物の脳の進化

(『ピクトリアル生物』をもとに改変)



人類の場合、中脳と視床は大脳の内側に隠れている

3. 脳と免疫系、内分泌系との関係

多くの免疫学者は免疫系が体の他の部分から完全に独立して機能していると長い間考えてきた。その根拠は次の実験に基づいている。すなわち、免疫細胞をウイルスや細菌と一緒に試験管内に入れると、試験管の中(脳が存在しない)でも体内(脳が存在する)にいたときとほぼ同じ様に細菌やウイルスに反応したということである。この実験により免疫学者は免疫系は脳の介入を必要とせずに機能するから脳と関係しているはずはないと考えた。それが長い間、『病は気から』すなわち、脳と免疫が関係すると考えることは非科学的であるという考え方に通じるようになったのである。そして、昔から『病は気から』を示唆するような事実が多く存在したにもかかわらず、迷信であるという一言で片付けられてきた。循環器にしても、危険が迫れば心臓は早鐘のよう

に打ち、心拍数は上がるという事実があり、怒り心頭に発すれば血圧があがり、高齢者であれば脳溢血で死ぬ事もある。この様な事実があるにもかかわらず、なかなか脳が免疫、循環器に関係するということが認められなかった。その理由は、免疫系は脳に代表される中枢系と同じく複雑でどちらか片方でも研究が大変なのに、両方について詳細に知り、両者の関係を研究する事は至難のわざであるからである。しかし、最近、この様な頑固な研究者も脳と免疫の関係を認めざるをえないいろいろな事実が出てきている。たとえば、脳の視床下部(図1)という部分を焼かれたラットは免疫機能の低下を起こした。又、免疫系が細菌などに由来する抗原と戦っている間、脳の神経細胞の放電率が上昇する。このことは免疫系から脳への信号だと解釈されている。鬱病患者は視床下部、下垂体、副腎等に異常がみられ多量のステロイドが分泌され免疫能のかなりな低下がみられる。免疫系の代表である白血球が脳と同じ化学物質を産生し、ストレスに反応する能力をもつ。このことから免疫系は視覚、嗅覚、触覚、味覚、聴覚に続く6番目の感覚器であるといわれている。さらに神経系の分布を調べた研究により、骨髄、胸腺、脾臓、リンパ節といった免疫系の主要な部分に神経系が分布していることが明らかとなり、神経系が免疫系となんらかの連絡を取っていることが示唆されている。これらの多くの事実の集積により現在では頑固であった免疫学者も脳と免疫の関係を認めるようになってきている。実際、日本国内の免疫系の学会の1つのセッションで、脳と免疫に関するものが出てきている。一方、脳内物質のなかでもモノヒネ様物質が我々の体内に存在し、脳内において痛みのコントロールに関与している事が明確になってきた。このモノヒネ様物質が特に免疫に関係していることがプロトニコフにより1986年に発表され注目されている。この詳細については次号において述べる。以上の様に免疫と脳の関係についてはかなりのデータが蓄積し、認められるようになってきたが、脳と循環器についてのデータはいまだに少ない。しかし、近い将来この関係についても多くのデータが出てくるものと期待している。

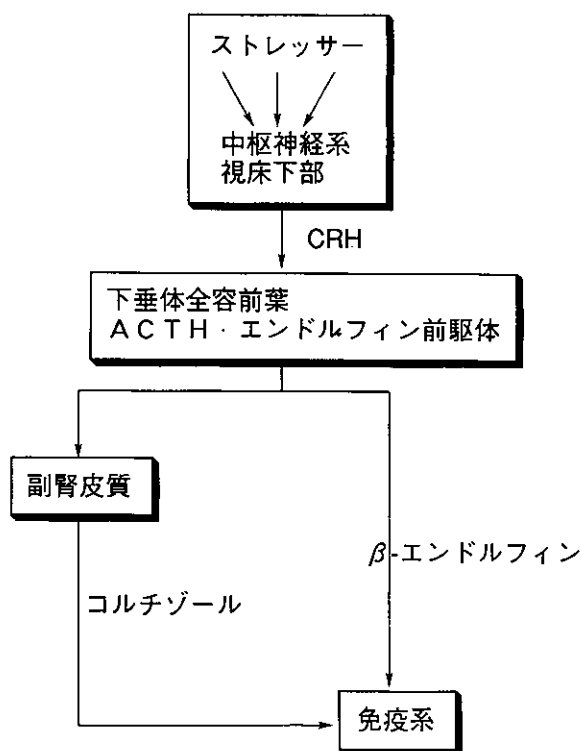
4. ストレスと生体反応

ストレスは健康に良くないとか、最近、ストレスが多くて辛いというように、ストレスという言葉は現在ではすっかり生活に定着しているが、正確にはストレスの原因という意味のストレッサーが正しい表現である。しかし、現在ではストレスという言葉がすっかり定着し、曖昧に用いられても構わなくなっている。そこで本総説ではストレッサーではなく一般的に用いられている

ストレスという言葉を使用することにする。

ストレスが生体に加わると中枢神経の視床下部からCRHというホルモンが放出される。CRHは下垂体に作用してプロピオメラノコルチンの生合成を刺激し、このプロピオメラノコルチンはさらに切断され、ACTHというホルモンと β -エンドルフィンに分かれる。ACTHはさらに副腎皮質よりステロイドを誘発し、免疫系の働きを抑制する。そして、オピオイド系ペプチドである β -エンドルフィンが精神的ストレスに対応し、ステロイドが肉体的ストレスに対応するといわれている(図4)。このようにホルモンを作る内分泌系と神経系、免疫系は図3に示すように、互いにネットワークを作り体の恒常性の維持に役立っている。しかし、過剰なストレスが体に加わり、バランスが崩れると前節で述べたような心身症すなわち消化性潰瘍、消化性大腸炎、高血圧、甲状腺機能亢進症、慢性関節リウマチ、神経性皮膚炎、気管支喘息になりやすくなる。さらに、あらゆる病気は心身症だという人もおり、もっと具体的にストレスは40程の病気の直接原因で別の10以上の病気の間接的原因であるという研究者

図4.



もいる。この様にストレスと病気はかなり関係がありそうであるが、特にストレスの種類が病気にかかり安さを決定しているようである。そこでストレスをスコア化した表をホームズラーエが作成した(図5)。この表によると配偶者の死の際のスコアを100で最大値をとり、以下、離婚73、別居65と順にスコアが減少している。この表を参考にして自分の生活のストレス度を測定してみるのも面白いと思う。注意しなければならないのは、この表はアメリカ人が作成したため彼等の生活に則した項目、例えばクリスマス等が入っており、日本の生活とはやや異なる

図5.

ストレスの数量化(社会適応スケール) (その1)

順位	生活事件	平均値
1	配偶者の死亡	100
2	離婚	73
3	別居	65
4	留置所拘留	63
5	家族のメンバーの死亡	63
6	自分の病気あるいは傷害	53
7	結婚	50
8	解雇される	47
9	夫婦の和解	45
10	退職	45
11	家族の一員が健康を害する	44
12	妊娠	40
13	性的困難	39
14	新しい家族のメンバーが増える	39
15	仕事の再適応	39
16	経済状態の変化	38
17	親友の死亡	37
18	異なった仕事への配置換え	36
19	配偶者との論争の回数の変化	35
20	200万円以上の抵当か借金	31
21	担保物件の受け戻し権喪失	30
22	仕事上の責任変化	29

る面がみられることである。しかし、大半は共通したものである。表のストレススコア100の配偶者の死は最高のストレスで実際高齢になってからの死別、特に妻が死亡した際に残された夫の生存期間がかなり短くなる例が多い。さらに、このストレスのスコアの合計が300を越えた場合に病気になる確率が非常に高いとも言われている。時々、自分のストレス度とその合計を自分でチェックして300に近い状態であることがわかったら、休養を取る等の手を打つことが必要である。

ストレスの数量化(社会適応スケール) (その2)

順位	生活事件	平均値
23	子供が家を去ってゆく	29
24	姻戚とのトラブル	29
25	優れた個人の業績	28
26	妻が仕事を始める、あるいは中止する	26
27	学校が始まる	26
28	生活状況の変化	25
29	習慣を改める	24
30	上司とのトラブル	23
31	仕事の状況が変わる	20
32	住居が変わること	20
33	学校が変わること	20
34	レクリエーションの変化	19
35	宗教活動の変化	19
36	社会活動の変化	18
37	200万円以下の抵当か借金	17
38	睡眠習慣の変化	16
39	家族が団らんする回数の変化	15
40	食習慣の変化	15
41	休暇	13
42	クリスマス	12
43	ちょっとした違反行為	11

5. 性格と疾病の関係

性格によってかかりやすい病気があることが1974年フリードマンらによって発表された。それによるとAタイプの性格が心臓病になりやすいということで性格と病気の関係が明らかになり、世間をあっと驚かせた。ここでいうAタイプとは血液型のことではなく、表1に示す

スコアが50点以上の人がこれにあてはまる。この話を始めると必ず、血液型と勘違いされる人が多いので念のためこの総説ではA型ではなく、わざとAタイプと書いて区別した。この表からAタイプの性格の特徴を説明すると、まず第一に挙げられるのが攻撃的ということである。他人から自分の欠点を指摘された場合は最も過

激に反応し、指摘した人を攻撃する。Aタイプの人とは又自分と同じ性格の人を発見することに敏感なのでAタイプ同士の人が議論したら凄まじいことになる。さらに特徴を列記すると、責任感が強い、期限、時間の観念が強い、一度に多くのことをこなそうとするというようなことが上げられる。このようにあげていくと日本人の大半はこのタイプに属すると思われる。特に企業戦士と呼ばれるビジネスマンにこのタイプが多い。このAタイプに対し、Bタイプの特徴は自分の生活のパターンを大切に、無理なスケジュールは初めから考えないでマイペースで仕事をこなしていく。一見無責任に見える性格である。しかし、他人に対して干渉や、無理強いはいしないし、自分の世界を持って生活をしている。比較的欧米人に多いタイプである。このタイプの人には健康な生活が出来る、

表1. ストレスは死を招く
各項とも1つを選んでください

1. ストレスや緊張したとき上腹部が傷むことがありますか
① 全くない ② 時々ある ③ しばしばある
2. あなたの気性は激しいほうですか
① むしろ穏やかなほう ② 普通 ③ 幾分激しい ④ 非常に激しい
3. あなたは責任感が強いと人から言われたことがありますか
① 全くない ② 時々いわれた ③ しばしばいわれた ④ いつもいわれた
4. あなたは仕事に対して自信をもっていますか
① 全くない ② あまりない ③ ある ④ 非常にある
5. 仕事を早くはかどらせるために特別に早起きして職場に行くことがありますか
① 全くない ② あまりない ③ しばしばある ④ 非常にある
6. 約束の時間には遅れるほうですか
① よく遅れる ② 時々遅れる ③ 決して遅れない ④ 30分前には必ず行く
7. 自分が正しいと思うことはどこまでも貫くことがありますか
① 全くない ② 時々ある ③ しばしばある ④ 常にある
8. 数日間の観光旅行をするとは想定した場合
① 特に計画はたてず、成り行きまかせで行く
② 1日単位で大体の計画をたてる
③ 時間単位で細かく計画をたてる
9. 他人から指摘されたとき、あなたはどのように思いますか
① 気が楽だと思う ② 気にとめない ③ 嫌な気がする ④ 怒りを覚える
10. あなたが車を運転していたと仮定し、後の車に追い越されたとしたらどうしますか
① マイスペースで走り続ける
② スピードを上げ、なるべく追い越し返そうと思う
11. 仕事が終わって帰宅したらリラックスした気分になりますか
① すぐになれる
② すぐにはなれないが、比較的早くリラックスできる
③ 少しイライラした気持ちが続く
④ イライラして家族に八つ当たりすることが多い

ストレスもたまたま、長生きができる。最後のCタイプの人には郵便ポストが赤いのも、電信柱が高いのもすべて自分の責任であると思込む性格で、最も鬱状態に陥りやすく、鬱病になる確率が高い。このタイプの人には免疫系が最もダメージを受けやすく、感染症や、癌にかかり易い。そこでCタイプのCはCANCER即ち癌の意味の頭文字をとってCタイプと言っている。このCタイプの人の性格の影響が最も高くでてくるのは乳癌の手術後の再発率である。欧米の統計によればCタイプの人の乳癌の手術後の再発率は80%以上で最も高い。癌と告知された後にその人の性格の違いにより再発率に差が出てくるとい興味深い統計である。再発が最も低いのは癌と戦う姿勢の強い人である。告知された後、自分はいくまで癌に対して負けない強い心を持ち続け、戦っていく意思の強さが自らの免疫系を強くし、再発を予防しているといえる。又、癌患者で生存率が高いのは自分の人生に生きがいを持ち、どうしても生きるとの強い精神力を有する人である。この様な人は、あと半年の命と告知されても3年、極端な例は10年生きた人もいる。自分の娘が一人前になり独立するまでは頑張り続け、彼女の結婚を見届けた後、死んでいったのである。以上の様に性格により病気にかかり安さ、かかる病気の種類が異なることが理解できたと思う。しかし、性格は簡単に変わらないし、現代社会のストレスは生易しいものではない。そこで、次章ではストレスに対処し、病気にかかりにくくするためにはどうしたらよいかを簡単に説明する。

Aタイプ行動パターンのスクリーニングテスト

(1) スコアの算出法

質問番号	選択肢に相当する得点
1	① 9点 ② 22点 ③ 33点
2	① 6点 ② 15点 ③ 21点 ④ 28点
3	① -6点 ② -14点 ③ -19点 ④ -24点
4	① 11点 ② 21点 ③ 34点 ④ 48点
5	① 7点 ② 16点 ③ 23点 ④ 29点
6	① 25点 ② 60点 ③ 93点 ④ 128点
7	① 10点 ② 25点 ③ 37点 ④ 48点
8	① -15点 ② -37点 ③ -61点
9	① 6点 ② 13点 ③ 19点 ④ 27点
10	① 24点 ② 47点
11	① 12点 ② 28点 ③ 41点 ④ 52点

Aタイプ行動パターンスコア=(選択肢に相当する得点の合計-24)
×0.25

(2) 行動パターンの判定=50点以上はタイプAとみてよい

6. ストレス対処法

上記の様な現代人に襲いかかる強烈なストレスに対処するために多くの方法が提案されている。その方法のなかの主なものを紹介する。

6.1 コーピング

最近では、コーピングとよばれる気分を切り替える方法の重要性が叫ばれている。例えば、試験が迫ってきても勉強があまり進んでないと感じて気ばかり焦っても、あまり能率が上がらない。かえって集中力を欠き、ストレスの原因になるので、逆に自分のベストは尽くしたからあとは天にまかせる位の気持ちを持つ。仕事が行き詰まった時でも、自分の能力を越えた仕事に自分はもう絶えられないと考えるので、これは自分の使命を試す良い機会だから積極的に焦らず、1つ、1つこなしていけば先が見えてくるんだとすべて明るく、良い方向にとらえる。このように気分しだいで人生が変わっていくんだというとりえ方が免疫能を向上させ、病気にも強くなる秘訣である。

6.2 気分転換

仕事や人間関係で行き詰まった時、最も手軽なストレス解消法は気分転換である。多くの仕事を抱えている人はその中の異なる種類の仕事を考えてみる。そうすることで今まで集中して考えていた仕事を一時中断でき、気分転換の役割をすることができる。それでも駄目な場合は完全に仕事から自分を解放する時間を作る。読書、スポーツ、映画、芸術なんでもいいから自分が最も気が休まること、あるいは好きなことをする。特に、体を動かすことが良い。体を動かすことにより気になっている仕事を一時忘れる事ができ、さらにスポーツ等の運動は免疫の増強に繋がり気分転換の方法としては最もよい。又、最近、運動を続けると、体内の鎮痛作用に関係しているβ-エンドルフィンという物質が出てきて気分をスカッとさせることが分かってきた。このβ-エンドルフィンは精神的ストレスに対処する物質としても有名である。

6.3 3Cの活用

同じストレスを受けても、例えば上記のストレスファクターが300以上になっても病気にならない人が多くいる。中にはストレスを求め、生きがいにしている。セリエはそういう人を「競争馬タイプ」と名づけた。アメリカの大企業500社のトップの地位にいる1,078人の男性について保険統計調査を行った結果、彼等はその地位のため、孤独とストレスを受けていた。しかし、驚いたことに彼等の死亡率は同年輩の白人より30%以上も低かった。この秘密が心の持ち方、3Cなのである。すなわち、Cで始まる challenge, commitment, control であ

る。タフな管理職にとって、ストレスや挑戦(チャレンジ)がかえって励みになり、彼らは自分のしていることに熱中(コミットメント)し、事態を切り開いていく自信をもっていた(コントロール)。この例で分かるようにストレスをバネにする方法がストレスに対処する方法である。

6.4 リラクゼーション

上記3つの方法は性格的に強い人には適用できるものであるが、弱い人に適用することは困難であるかもしれない。そこで一般的にストレスを除去し、しかも、だれでも気軽にできる方法として最近企業の研修でよく実施されているものがリラクゼーションといわれるものである。誰でもリラックスすれば気分転換できストレス解消に繋がることを知っているが、そのリラックスが自分の

図6. リラクゼーション・テクニック

習得までの 期 間	①短期的なストレスレベルの低下には、習ったその日から役立つ ②長期的なストレスコントロール及びマインドコントロールには、2週間から6ヵ月ぐらい続けること。 ③1日2回、5～10分間、できれば時間と場所を設定して行うとよい。 ただし、食後2時間以内は避けること。朝食前と夕食前(または寝る前)が理想的
注 意	①最初は専門家の指導のもとに練習すること ②健康上の問題のある人、現在医師の治療を受けている人は、医師に相談すること
方 法	①背筋を伸ばして楽に腰かける。あぐらや座禅のポーズでもよい ②眠る時のように自然に目を閉じる。臉や額に力を入れないように ③ゆっくりと呼吸を始め、呼吸の音に意識を集中させる。息は鼻から吸って鼻から吐く ●呼吸のポイント 吐くほうから始めることがポイント。ゆっくりと、吐ききってください。吐き終わると自然に空気が入ってきます。吸う時もゆっくりと ④もし、どこかに痛みやぎこちなさを感じたら、肩やお尻を少し動かして、いちばん楽な姿勢を見つけること ⑤そのまま静かに呼吸を続ける。多分、さまざまなマインドのおしゃべりが始まるだろうが、無理にそれらを追いやる必要はない。何が現れてもいい。ただ、呼吸のリズムや音を見失わないようにすること ⑥時間がきたら、爽やかに目覚める。音の静かなアラームオッチを使うといい。目覚めても急に動き出さないこと。しばらく、その場で静かにして、少しずつ周りのリズムに合わせていく ●初めは、マインドのおしゃべりがうるさくて、なかなか集中できないかもしれません。でも、とにかく、まずは3日間、1日2回ずつ続けてください。すぐに静かに座っていられるようになります。

意思で出来ないところに問題がある。そこで、リラクセスが起こるための状況設定（セッティング）をしていく技術としてリラクゼーションがある。以下にストレスコントロール及びマインドコントロールを目的に東京ストレスマネジメントが開発した方法を紹介する(図6)。この方法の練習を続け、身に付けばごく自然にリラックスした状態を生み出すことができる。

以上4つの対処法を紹介したがそれでも忙しくてなかなか実行できないとか、性格は遺伝的要素が大きいので変えることが出来ないという人が多いと思われる。そこでその様な人にも有効な薬が開発出来ればこの上ない喜びとなる。現在、私は中枢神経系が免疫を支配し、循環器も支配しているという考えに立ち、21世紀の薬剤ともいえる脳を意識した新規のメカニズムの薬の開発を目指している。以下(次号以下)にその考えの一部を紹介する。

参考文献

- 1) 高田明和, “病は気から”の科学” 講談社ブルーバックス, (1989).
- 2) 高田明和, “病は気から”の科学 part 2 ” 講談社ブルーバックス, (1991).
- 3) 大木幸介, “やる気を生む脳科学” 講談社ブルーバックス, (1993).
- 4) 大木幸介, “脳内麻薬と頭の健康” 講談社ブルーバックス, (1988).
- 5) 星恵子, “ストレスと免疫” 講談社ブルーバックス, (1993).
- 6) スティブン・ロック, タグラス・コリガン, “The Healer Within”, 田中彰弘訳, 池見西次郎監修, “内なる治癒力, 心と免疫をめぐる新しい医学” 創元社, (1990).
- 7) Meyer Friedman and Ray H. Rosenman, “Type A Behavior and Your Heart”(1974).
- 8) Stress management, ideoprogram, 大島正光, 総合監修, 東京ストレスマネジメント, (1987).
- 9) エルマー・グリーン, アリス・グリーン著, 上出洋介, 上出鴻子訳, 角田忠信監修, “バイオフィードバックの驚異” 講談社ブルーバックス, (1990).
- 10) Robert Alderm, David L. Felten, and Nicholas Cohen, “Psychoneuro-immunology”, Second Edition, Academic Press, Inc., (1991).
- 11) Plotnikoff, Murgio Faith, and Wybran, “Stress and Immunity”, CRC Press, (1991).
- 12) Charles F. Levinthal, “Messengers of Paradise” Opiates and The Brain, The Struggle over Pain, Rage, Uncertainty, and Addiction, Anchor Press, (1988).
加藤桂, 大久保精一訳, “「エンドルフィン」脳が作るアヘン”, 地人社(1992).
- 13) ジョエル・デイビス, 安田宏訳, “快楽物質エンドルフィン”, 青土社(1987).

体外診断用医薬品
承認番号(02E)第0024号

Diagnostica Cica-MERCK

サイアスCRP(N)

C-反応性蛋白測定用試薬

TIA法の問題点を改善し、CRPをより精度よく、より正確に測定できる試薬です。

特長

- ◆グロブリン高値検体、RF高値検体にみられる異常値の出現がありません。
- ◆非動化による測定値の変動がありません
- ◆ラテックス法との相関は良好です
- ◆1点キャリブレーターで測定できます
- ◆測定感度、再現性、特異性及び直線性に優れています

 関東化学株式会社

本社/〒103 東京都中央区日本橋本町3-2-8 ☎03(3270)6500
大阪/〒541 大阪市中央区瓦町2-5-1 ☎06(222)3709
福岡/〒812 福岡市博多区山王1-1-32 博多堀池ビル ☎092(414)9361

ダルムシュタットの J. リービヒの生家

筑波大学名誉教授 松陰女子学院短期大学教授 原 田 馨

1. はじめに

ドイツ中部にある経済と交通の中心都市であるフランクフルトの南約30kmにダルムシュタット (Darmstadt) と云う町がある。人口が約15万でありドイツとしては中型の町と云うよりむしろ大型に近い町である。この町は今世記のはじめまでヘッセン大公国の主都であったので大公たちの居城や城を利用した博物館 (Schlossmuseum) などがある。大公と云う位がドイツでどのようなものか知らず私は地方伯 (Landgraf) と同じような位階のものと思っていた。ところがダルムシュタット工科大学のL教授はとんでもない、王に次ぐ非常に高い位であると強調する。書物で調べてみるとドイツにおける貴族の位階は表1のとおりである。同じドイツ語圏でもオーストリアには高位の貴族の位階の上二つが無い。これはオーストリアが長く神聖ローマ帝国であったことに関係があるのだろう。19世紀初頭に活躍したオーストリアの宰相メッテルニヒはオーストリア貴族の最高位の Fürst であった。

表1. ヨーロッパにおける貴族の位階の対照表

	ドイツ, スイス	オーストリア	イギリス
高位の貴族	Grossherzog Herzog Fürst Graf	Fürst Graf	Duke Marquess Earl Viscount Baron
低位の貴族	Freiherr Ritter von をつける	Freiherr Ritter Edler von	Baronet Knight

伯が Graf に相当するとすれば大公 (Grossherzog) はそれよりも3段階上の貴族として最高の位であり、王 (König) に次ぐ位階である。「大公の地位はダルムシュタットのルイーゼンブラッツにあるヘッセン大公像のように高いのですね」と云うと Prof. L. は「そうだ」と満足げに答えた。ルイーゼンブラッツには赤い砂岩の高い円柱の上に

大公ルードウィヒの像が立っており、その高さは40m であると云う(図1)。ヘッセン州にはカッセル、フランクフルト、ダルムシュタットなどの都市が知られているが、現在の州都はタウヌス山麓の温泉のある保養地ヴィースバーデンである。

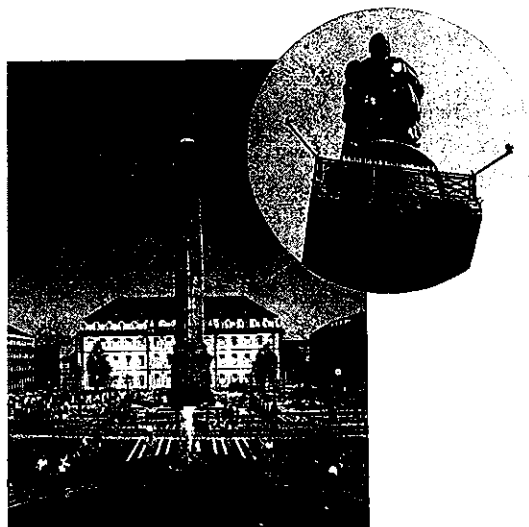


図1. ルイーゼンブラッツにあるヘッセン大公ルードウィヒ一世の記念碑。高さ40 m。

ダルムシュタットも他のドイツの都市と同じように第二次大戦時に連合軍の爆撃で壊滅し、多くの歴史的文化的財が失われた。この町には特に歴史的に有名なもの、観光の対象になるものは少ないが、19世紀末に大公エルンスト・ルードウィヒの援助により、ダルムシュタットはいわゆるユーゲンスティール (アー・ヌーボー) の一つの中心地であった。一世紀後の現在でもマルチダの丘の野外展示場など町のあちこちにその芸術運動のあとを見ることができる。現在ダルムシュタットは工業都市であり、町の北部、西部には大工場が立ち並んでいる。

ダルムシュタットは不思議なことに我々でも知っている多くの化学者が生まれた町である。J. リービッヒ (Justus Freiherr von Liebig, 1803-1873), A. ケクレ (August Kekulé von Stradonitz, 1829-1896), A. ストレッカー (Adolf Strecker, 1822-1871), E. メルク (Heinrich Emanuel Merck, 1794-1855), R. アンシュッツ (Richard Anschütz, 1852-1937), J. フォルハルト (Jakob Volhardt, 1834-1910), F. モルデンハウエル (K. F. A., Moldenhauer, 1797-1866) らがダルムシュタット出身である。しかし彼らの多くはダルムシュタットから他の都市へ移ってしまった。この町に残ったのはこの地で製薬化学工業を興して世界の大製薬会社へと発展させた E. メルクと F. モルデンハウエルくらいのものである。多くの化学者が他の都市へ出たのはダルムシュタットに大学が無かったからである。現在のダルムシュタット工科大学は19世紀の前半には未だ実業学校でしかなかった。ダルムシュタットの実業学校が創設されたのが1826年であるが、その他の実業学校と同じように1870年代に高等技術学校 (Technische Hochschule, TH) に昇格したと思われる。若し町が昔のまま残っていたとすれば、これら高名な化学者を記念するものが当然この町に多く残っていただろう。しかし今この町にあるのはこれらの化学者の名を冠したいくつかの通りのみである。先ず町の北の方から通りの名を列記す

ると町の中心部の北西にリービッヒ通り (Liebig Strasse), 旧市街の中心より少し東にメルク通り (Merck Strasse), 市街の当年のはずれにケキュレ通り (Kekule Strasse) そしてダルムシュタット南にあるエーベルシュタット (Ebers-tadt) の町にシュトレッカー通り (Strecker Weg) がある。

リービッヒの生家は1920年代の終りに、改修されて小さな博物館となり、一般に開放された。しかしそれも戦争末期に爆撃で破壊され消失してしまった。幸い1920年代に修復されたこのリービッヒ博物館の何枚かの写真が山岡望先生による1930年の訪問記*の中に残されており、リービッヒの生家の輪郭を知ることができる。またダルムシュタット市の土木建築局が作成した修復前(1922年)のリービッヒの生家の見取図を含む小冊子(図2)**を数年前に入手したので、これらを御紹介したい。

2. 若きリービッヒ

J. リービッヒ (Justus Liebig, 1803-1873) は父 Johann Georg Liebig (1775-1850) と母 Marie Caroline Moser (1781-1855) の10人の子供の二男として1803年ダルムシュタットのグロッセ・カプラナイ小路30番地 (Grosse Kaplaneigasse 30) に生まれ、幼時と少年時代を過した(図3)。これらの子供の多くは比較的早く死亡しているので成年に達したリービッヒの兄弟の数は多くはなかった。父は染料、塗料などの日用品の製造、販売で生計を立てていた。それ故父はこのグロッセ・カプラン小路の家を仕事場として働き、気丈夫な母親も色々と商売を手伝っていた。子供のユスタスは幼い頃から父親の仕事ぶりを見ながら育ったので少年時代から化学に非常な興味を示し、王室図書館の多くの化学書を借り出して勉強したと云う。このように化学への個人的興味を自ら育てて行ったが、ユスタスの学校での成績は悪く、特に語学は不得手で、遂にギムナジウムを退学し、ヘッペンハイム (Heppenheim) の町の薬局の徒弟となった(図4)。この薬局はつい数年前(1889)まで町のマルクト・ブラッツでリービッヒ薬局 (Liebig Apotheke) と云う名前で薬局を経営していたが、この場所は現在商売をするには不適當であり、遂に商店街の方へ引越した。マルクト・ブラッツの泉のある中世的な石畳の広場は駐車している車が無ければ数100年前と全く同じである。この薬局の建物の左手にはリービッヒがここで徒弟としてしばらく働いたことを示す記念板が取り付けられている(図5)。リービッヒがこの薬局で危険な実験(爆発)をしたので追い出された、と云われているが、

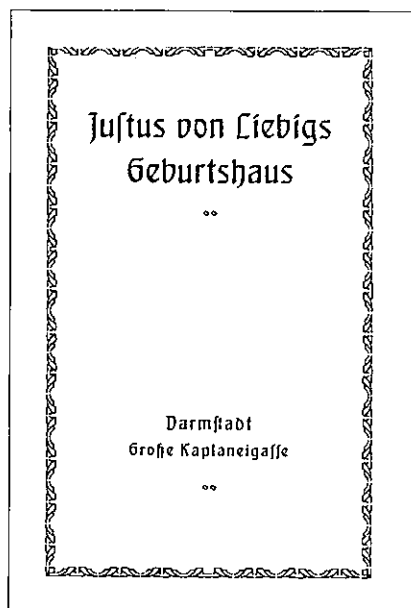


図2. リービッヒの生家についての小冊子の中表紙

* 山岡望「化学史筆」p. 98-100 (1976年) 内田老鶴 新社

** Justus von Liebig's Geburtshaus (Gedruckt von Hohmann, G. m. b. h. Darmstadt) 著者、出版年度、出版者など記載なし。



図3. リービッヒの両親の肖像画(部分)
ギーセンの「リービッヒ博物館」に展示のもの。



図4. ヘッペンハイムのマルクト・プラッツの
「リービッヒ薬局」の建物。

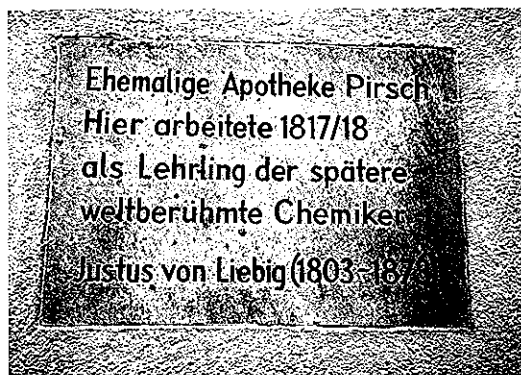


図5. 建物の左手にリービッヒが徒弟として働いたことを示す記念板がある。

真相は明らかではない。

その後リービッヒはボン大学とエルランゲン大学でカストナー (C. W. G. Kastner, 1783-1857) のもとで化学を学ぶが満足せず、またエルランゲンでは学生運動に関与して大学を去ることになる。その後ダルムシュタット大公にパリでフランスの化学を学ぶため留学を願い出たが幸いにもこれが許可され、フランスに留学することになった。パリではゲイ・リュサック (J. L. Gay-Lussac, 1778-1850) のもとで研究実験を行い、フランスの高名な化学者と知り合い、またアレキサンダー・フンボルト (A. von Humboldt, 1769-1859) の知遇を得た。このことにより、リービッヒはフランス留学後、1824年からギーセン大学に地位を得、新しい化学教育と化学研究をはじめることになった。この時リービッヒは弱冠21才であった。

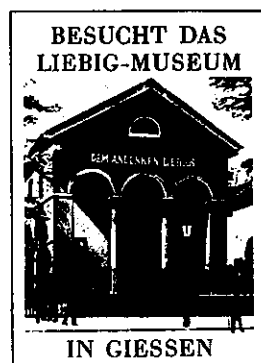


図6. ギーセンのリービッヒ博物館のワッペン。

ギーセン大学の化学研究室ははじめは小さなものであったが、リービッヒの成長と共にその建物は二度増築が行われ、遂にヨーロッパにおける化学研究と教育の一つのメッカとなった。リービッヒのこの化学教室の建物は現存しており、1920年以降いわゆるリービッヒ博物館として一般に公開されている(図6)。リービッヒ博物館の詳細についてはすでに紹介したことがあるので、それを参考にして頂きたい*。このギーセンのリービッヒ博物館も1944年12月の爆撃により被害を受けたが、幸い建物は破壊を免れたので1952年から民間及び州の援助により博物館は再開された。一方ダルムシュタットのリービッヒの生家につくられた小博物館は爆撃により跡形もなく破壊されたのでどのような博物館が再開されることはな

* 原田 肇, 近畿化学工業界, 1988年7月号, 4~7頁, 8月号, 2~5頁, 9月号, 6~9頁, 10月号, 7~12頁。

かった。第二次大戦後「ここにあった家で1803年5月21日 J. von Liebig が誕生した」と言う記念の石碑が置かれていたが、その後このあたり一帯の再開発が行われ、Justus-Liebig-Haus と云う名称の郷土博物館になり現在に到っている。パリで化学を勉強するためにグルムシュタットを離れたリービッヒはグロッセ・カブラナイ小路のこの生家に再び住むことはなかった。



図7. 若きリービッヒ, 1824年とあるのでこれは18才のリービッヒの肖像である。

3. リービッヒの生家

図8の暗色の斜線の部分がリービッヒ家の敷地であり住居であった。この図には縮尺がついているが、この図面は印刷に際して縮小されたので図にある縮尺比をそのまま使うことはできない。それ故入口の扉の巾を80cmと仮定して敷地の大きさを推定すると、地所の正面が5.2m、奥行き約13.5mそして巾が10.5m位と云うことになり、総面積が約100㎡弱となる。奥にある約20㎡の中庭を除けば納屋を含めて一階の宅総面積は80㎡弱になる。これは仮定に基づく計算であるけれども大体この位であろうと思われる。もともと敷地が狭いことに加えてこの建物は部屋数が多いこと、中庭があること、建物の中に中庭への通路があること、及び納屋があることを考えると、それぞれの部屋の面積は小さなものとなる。

先ず外観からみてゆくことにしよう。グロッセ・カブラナイ小路から見た建物の様子が図9である。リービッヒの生家は狭い敷地に建てられた木造の三階建てであり組立てられた木造の枠に石と粘土をつめこみ建てられた家で

ある。この建物が建てられた正確な年代は不明であるが、この家の木の骨組みの様式は1600年代のものであると云う。この家屋にはもと二つの入口があったが、リービッヒが生まれた頃には入口は一つになっていた。1920年代の改修工事前の建物の外観の図面とグロッセ・カブラナイ小路からの写真が図10, 11である。図10の入口前に立つ

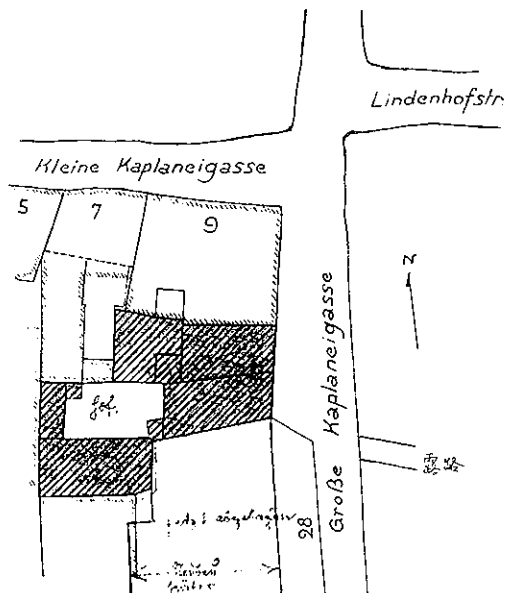


図8. グロッセ・カブラナイ小路に面したリービッヒの生家
暗色斜線の部分がその建物の敷地。

• LIEBIGSHAUS, GR. KAPLANEIGASSE N° 30 •
M.: 4:50 •



• STRASSENANSICHT •

• DARNSTADT, 11. NOV. 1822 •
• STADT, HOCHBAUAMT •

図9. グロッセ・カブラナイ小路側から見た
リービッヒの生家。

人達の頭上に黒い板が掲げられているが、これはリービッヒのための記念板であると思われる。この板は図9にも入口の上に描かれている。おそらくこの記念板は1920年代における改修工事の前からすでに掲げられていたであろう。図9では家の木の枠組みが画かれているが、図10, 11の写真では壁の表面は壁土が塗られて平たくなり木の枠組は見えない。建物の西側の壁(図10, 11)には木枠が部分的に見えるが、これは壁土がはげ落ちたからであろう。何れにしてもこの写真は1920年代のはじめ頃、市当局がリービッヒの生家の改修を決定した頃の写真であり、それより100年前リービッヒの子供時代にこの建物の木枠が露出していたかどうかはわからない。但し、中庭に面した建物の壁の木枠は露出しており(図14, 16)また改修後にもきれいな木枠が見えるように仕上げられている(図15)。図14, 16は写真ではなく、これは絵である。更に生家を画いた絵(図17)と写真(図18)がギーセンの「リービッヒ博物館」に掲げられていた。図17は雪景色の絵であり、図18は写真である。よく似た構図であるので両者を注意深く比較するとこれらの絵と写真は視点が全く同じであり、絵における影の位置も非常に似ていることがわかる。それ故この画家は図18の写真を下絵にして図17の雪景色を画いたものと思われる。よく見るとこの画家は図17の絵の右上隅の雪に覆われた屋根の上に一匹の猫を画き入れている。雪の屋根と寒さを嫌う猫の組合せはあまり自然ではない。図17, 18を見るとリービッヒの生家は日あたりの悪い家屋であることがわかる。

この建物の各々の部屋は狭く、また天井も低い。しかし敷地は狭いが2階、3階と垂直に上に伸びているので、総床面積はそう狭くない。1階の平面図は図12である。一見してわかることは1階は、住居部分が3区画に分けられる。すなわち入口から通路(Gang)を隔てて右側と左側及び中庭(Hof)の左側の部分に分けられる。通路の左と奥の区割にはそれぞれ台所(Kuche)があり、通路の右の区割にも炉がついているので、小さいながら無理をすれば1階には3家族が住める構造になっている。敷地内には井戸は見あたらないが、水は町の共同泉から汲んでくるのだろう。気になるのは便所であるが、居住区割には特にそれらしきものは無い。おそらく中庭の奥の右隅にあるのが便所だろう。右手の区割の奥、中庭の奥、及び中庭の左手の居住区割の奥にそれぞれ納屋(Stall)がある。しかしこれらの建物の1階はすべてリービッヒの父親の仕事場であると共に原料、製品及び製造道具の置き場であり、リービッヒの子供時代には1階は住居として利用されていなかった。



図10. グロッセ・カブラナイ小路から見たリービッヒの生家(写真)、建物の左手は空き地。三人の人が立つ入口の上に記念板が掲げられている。



図11. グロッセ・カブラナイ小路とリービッヒの生家。この通りと交わる次の通りは右手がリンデンホーフ通り、左手がクライネ・カブラナイ小路、右手手前に光がさしている露路が見える。

2階の平面図が図13である。中央の通路が無くなったのでそれだけ部屋が広がった。道路に面した建物には階段があり2階へ上がることができ、中庭の左の建物にも別の階段があり、これらはそれぞれ独立した居住区割となり得るけれども、リービッヒ親子はこれら2階の居住区割の全部を使っていたということである。2階には台所が3つあるので狭いながらも無理をすればここでも3家族が住むことができるようになっている。2階にもやはり便所が無いので中庭の隅まで降りて行くか、または

(おそらく)し瓶を使っていたのだろう。ヨーロッパの都市の住人にとってし瓶の利用は20世紀はじめまで一般的であった。この見取図では階段で3階へ昇れるが、この3階は他人に貸していたと云うことである。3階への階段の一つは3階の住人専用であったろう。3階には少な

くとも2家族が住むことが出来る構造になっている。

母屋、中庭及び納屋を縦に図12のA-Bで切断したのが図19である。これにより母屋の構造、中庭左側の3階建の建物及び低い2階建の納屋の様子がよくわかると共に母屋の下に地下室があることもわかる。

• LIEBIGSHAUS, GR. KAPLANEGASSE № 30 •
• M. 1:50 •

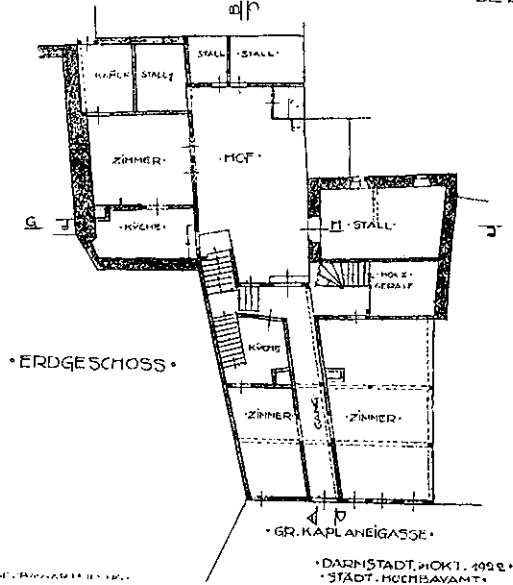


図12. リービッヒの生家の1階の配置図。

• LIEBIGSHAUS, GR. KAPLANEGASSE № 30 •
• M. 1:50 •

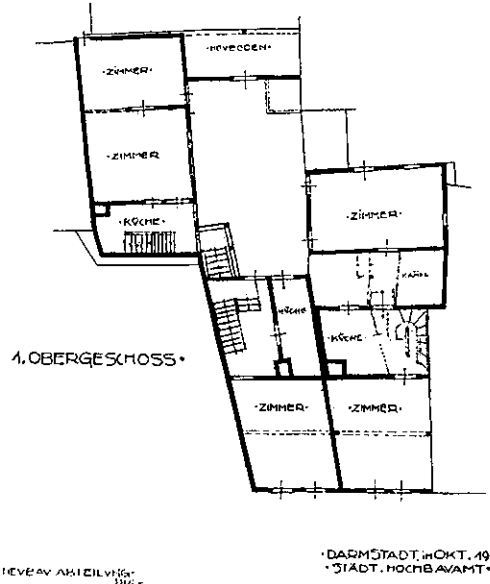


図13. リービッヒの生家の2階の配置図。



図14. リービッヒ生家の改修前の母屋の中庭側の絵、画家は R. Kröh.



図15. リービッヒ生家の母屋の中庭側の写真(改修後)。

4. リービッヒの生家の改修と小博物館の設立

リービッヒの生家の中庭から画かれた二枚の建物の絵
図14と16は、ダルムシュタットの画家ラインハルト・クレー (Reinhard Kröh) 教授により1920年に画かれたもの



図16. リービッヒ生家(改修前)の中庭の母屋側から納屋の方向を眺めた絵、画家は R. Kröh.



図17. グロッセ・カブラナイ小路を隔てた向い側の露路から見たリービッヒの生家(改修前)の雪景色の絵、画家不明、この絵はギーセンの「リービッヒ博物館」に展示されている。

であるがこの年に市はリービッヒの生家を買収した。クレー氏は恐らく学校の先生であったと思われる。図14は中庭の奥の左の方から通りに面した建物の中庭側を画いたものであり、非常に写実的であるが、壁が崩れ、いかにも倒壊寸前の普通でない雰囲気をつえている。同じ中庭の母屋の端に立ち中庭の向こうの納屋と左側の建物を画いたのが図16である。奥に見える大きな三角屋根は隣家の屋根でリービッヒの生家とは関係が無い。その手前に崩れかけた低い2階の納屋があるがその右手前にあるのが便所であろう。右手には大きな納屋の壁が見えている。ここにも荒れ果てた不思議な雰囲気の中庭が描かれている。傾いた屋根、荒々しく乱れた中庭の石畳が異様な感じを与えている。事実ダルムシュタット市がこれらの家屋を買収した時(1920年)市の土木建築監督局はこの家屋は倒壊寸前の状態にあり住居は危険であると判断して取り壊すことを考えた。しかし市はこの建物をリービッヒを記念する小博物館として再建することを決定したのである。改修の方針としてこの家屋をリービッヒが生まれた時と同じように正確に再建すると云うことであった。しかし写真と図面による限られた範囲ではあるが、改修後の建物の窓や扉の数や位置は土木建築局の図面と必ず



図18. グロッセ・カブラナイ小路を隔てた向い側の露路から見たリービッヒの生家(改修前)の写真。この写真と図17の絵はその視点が全く同じであり、17の絵は18を下絵にして雪景色を描いたと思われる。この写真はギーセンの「リービッヒ博物館」に展示のもの。

LIEBIGSHAUS GR. KAPLANEGASSE Nr. 30.
M: 4500



図19. リービッヒの生家の断面図
(図12のA, Bで切った)。

しも同じではない。1930年の山岡先生の訪問記の写真では道路から玄関へ入ってすぐ右側に2階への階段があるが、このような階段は1922年の市の土木建築局の作成した図面(12, 13)には無い。市が元のままに改修すると外見のことであり、内部の部屋の仕切り、階段などは博物館の展示に都合のよいように作りかえたと考えられる。博物館にするためにはむしろそのように改造すべきであったろう。中庭を画いた絵(図14)に母屋の中庭側が画かれているが窓と中庭への出入口の位置は図12とは一致するが、改修後の図15とは一致しない。窓と扉の位置を変更したことがわかる。以上は建築土木局の図面(図12, 13)(1922)と改修後の違いだが、この図面とリービッヒの生家の母屋を道の向うから画いた絵(図17, 18)にも違いが見られる。これらには3階の屋根裏部屋のために明り取りの窓が画かれているが、図9の図面には窓はない。このあたりの事情はよくわからないが、リービッヒの生家の改修は小博物館をつくる

為に外面はほぼ昔のままに、そして内部は展示に都合のよいように大巾な改修が行われたと思われる。それ故「J. リービッヒの生家」と云う小冊子の「再建」の部分に「Das ganze Anwesen wurde genau so wieder aufgebaut, wie es zur Zeit der Geburt Liebig's war.」と云う言葉は文字通り受け取るわけにはいかない。

この小博物館にはリービッヒを記念する展示の他に、他の二つの目的があった。その一つはa) リービッヒと共にヘッセン生まれの化学者の展示であり、他の目的はb) 工業技術のための展示を行うことであった。a) ではA. シュトレッカー(A. Strecker, 1822-1871), A. W. ホフマン(A. W. Hofmann, 1818-1892), G. メルク(G. Merck, 1825-1872), J. フォルハルト(J. Volhard, 1834-1910), P. ブッヒナー(P. Buchner), C. W. ショールレマー(C. W. Schorlemmer, 1834-1892), W. クナップ(W. Knapp)らの業績の展示が行われ、また考慮された。b) では農業、人造肥料工業、製薬工業、鉱業及び栄養食品工業のための展示が行われた。以上の展示には一般人の理解のために文書、表、図または模型などが用いられた。それ故この小博物館の目的は単に学問としての化学のみでなく、更に広く化学関連工業及び産業の発展をも意識したものであった。20世紀のはじめにはすでにミュンヘンの「ドイツ博物館」が自然科学と技術の粋を集めた博物館として出発しており、現在の建物が建設されたのは1925年のことである。丁度その頃、ダルムシュタットでリービッヒの生家を小博物館にする動きが進行していた。地方都市における小博物館なりの有効な展示を色々考えることにより上記のような方針が決ったと思われる。小博物館建設の費用は農業界、産業界及び個人の寄付により賄われ、その運営は財団を設立することにより行われた。リービッヒの小博物館の正式の発足の年月日及び小博物館が爆撃で破壊された日時は不明であり調査したいと考えている。

(掲載の写真は筆者が撮影したものである。)

電気加熱炉方式原子吸光法用

[MERCK 社製]

New!!

マトリックス修飾剤

- ・7289-1M パラジウムマトリックス修飾剤 原子吸光分析用 50ml
- ・5813-1M マグネシウムマトリックス修飾剤 原子吸光分析用 50ml

濃度: 各々Pd, Mg が $10.0 \pm 0.2\text{g/l}$ (硝酸溶液)

詳細につきましては下記までお問い合わせください。



関東化学株式会社 試薬事業本部

〒103 東京都中央区日本橋本町3-2-8 03(3663)7631
〒541 大阪市中央区瓦町2-5-1 06(222)2796
〒812 福岡市博多区山王1-1-32 博多薬池ビル 092(414)9361

電子材料と電子デバイス ; 研究開発とその成果

エレクトロニクスとその発端(II)

帝京大学 理工学部 教授 理学博士 三宅清司

1. まえがき

単位体積の固体の電気抵抗は、その固体に固有であって、液体、気体の場合も同様である。固体の場合、固有の電気抵抗を比抵抗と呼び、その逆数が電気伝導度である。比抵抗は、金属、つまり、導体から絶縁物に至る間のその値は、通常、20数桁を越す違いがあり、導電性の優れた金属では $10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ 、電気的絶縁物であるアルミナで $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度である。トランジスタ等、現在の固体電子工学の分野で取り扱っているデバイスに利用されているシリコン等は金属と絶縁物との中間の比抵抗を持つものとして半導体 (semi-conductor) と名付けられ $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 程度とされている。

半導体には、無機物と有機物とがあるが、電子デバイス (electronic devices) として機能を持つ事のできる半導体は、現在のところ、すべて無機物と云っても過言ではない。したがって、半導体という言葉を用いる時は、無機物である事を前提とし、特に説明を付けない。電子部品としては、多くの有機材料があるが、その殆んどは絶縁物である。

他方、固体は結晶化しているものと、結晶化していないものに大きく分けられるが、殆んどの固体は結晶化しており、結晶化していないものは少ない。非結晶の物質として最も普通にあるものがガラスである。ガラスの様な結晶化していない固体は非晶質、アモルファス (amorphous) と呼び、半導体の中でも、以前、直流を得るために使用された整流器に利用されたセレン (selenium) などは、通常、非晶質とされていた。

固体の中で、結晶化しているものは単結晶 (single crystal) と多結晶 (polycrystal) とに大別されるが、それには固体の大きさを決める必要がある。例えば、現在の半導体デバイス (semiconductor devices) に用いられているシリコンの単結晶は円筒状の材料で直径も長さも15cm以上もある。しかし、通常の固体は、形状、大きさの如何を問わず、数ミクロンの大きさの単結晶の粒からなるもので、その様な塊りからなる固体を多結晶と呼

ぶ。固体の電子デバイスが現在のように発達した最大の理由は、シリコンのように、巨大な単結晶を作る事が出来るようになったためである。

さらに、固体電子デバイス (solid state electronic devices) の発展の基礎となった技術は、極めて純度の高い固体材料を作る技術、および、それに伴う、例えば、試薬の純度の向上により得られたものである。通常、如何なる物質でも不純物を含むもので、日常、眼にする物質は、極めて純粋であるとしても、純度は精々、99%である。工業用材料では98%程度、純薬と称せられる理化学用薬品であっても、99.99%程度と思ってよい。

これに対し、固体電子デバイスの発展をもたらす端緒となったハロゲン化アルカリの光学的および電気的性質の研究に使用された試料の純度は99.9999%程度であったとされており、それは1937年の事である。その電気的性質に関する研究により得られた知識、つまり、人為的に絶縁物である NaCl に CdCl_2 を添加し電気抵抗を減少し得る事は、現在のシリコンやゲルマニウムに不純物を添加し、人為的にその電気的性質を制御する事を可能にした事につながっているのである。

さらに、放電管や電子管の中での電子の動きは、電子、あるいは、イオンの、真空中または低圧ガス中での動きであるのに対し、固体電子デバイスの機能は固体の中での電子の動きによって理解されるもので、特に電界効果型のデバイスは三極真空管における電子の動きに類似するものである。以下、半導体研究の初期に戻り、材料としての研究とデバイスとしての研究との相関性に出来るだけ留意し、固体電子デバイス発展の端緒となった様子を述べてみたいと思う。

2. 固体電子デバイス開発の契機

電子管の研究開発と発達は、前に述べたように、真空技術の進歩と陰極材料の研究によると云っても過言ではない。同様に、半導体デバイスの発達も、製造技術の進歩と半導体材料の研究によりもたらされたものである。

電子管の熱陰極よりの電子放出の理論はエジソン効果、つまり、熱電子放出現象が発見された後、20年を経た1903年、Richardson によって発表された。これに対し、自然に生じたシリコンのpn接合はohlにより発見され、その10年後、1949年、Schockley によりpn接合の理論が発表された。¹⁾しかし、その理論式は、それより10数年前の1931年Wagnerにより発表された式とモデルは異なるが形の上では同じである。²⁾

半導体に関する研究は160年前、Faradayが行った硫化銀の電気抵抗の測定に始まるが、熱陰極の研究から出発し真空管ダイオードの実用化に至る期間より遙かに長い期間が過ぎた後、始めて現在のエレクトロニクスに通じるpn接合ダイオードが実用されるようになった。その原因は、初期のトランジスタに使用されたゲルマニウムより数十年も前、検波器として実用が試みられたシリコンの純度の不足にあった。それは、真空技術改良の努力が不十分なため、放電管の研究から電子管の実用化に至るに長年月を要した事と結果的には極めてよく似ている。同様の事が半導体デバイス、特に、高密度集積回路の製造においても今なお残されている。筆者が企業にあった1963年頃、シリコントランジスタの製造のためクリーンルームを初めて作り、環境と諸材料の改善を図った。しかし、今なお、此の問題は解決されつくされてはいない。

1945年、有名な米国のベル電話研究所で、固体電子デバイスの開発を目指し固体物理(solid-state physics)研究グループが後の同研究所長であるM. I. Kellyの考えによりつくられた。それは、電話回線に使用するには、真空管は余りにも信頼度が低く、また、使用していない間でも大量の熱を発生し、さらに、フィラメントが切れ取換えなければならない事にもなるからである。³⁾したがって、トランジスタの発明とそれに至る歴史は、彼の優れた先見性によるものであり、その10年前の1935年頃から固体材料の日の当らぬ研究を続けていた研究者達、特に、R. H. ohlの努力が大きく貢献した事になる。⁴⁾

さて、1904年、Flemingが二極真空管、つまり、彼が“valve”と名付けたダイオードを発明して後2年、Pickardがシリコン結晶にキャットウィスカー(cat's whisker)を圧接し、シリコン点接触型ダイオードを無線信号の検出に使用した。しかし、上にのべたように信頼度が低く、間もなくその利用をあきらめたが、シリコン結晶が半導体デバイスとして実用されたのは1906年のPickardが初めてである。³⁾それは、Bardeen等による二つの点接触電極を持つゲルマニウムトランジスタ、つまり、ゲルマニウム点接触トリオードの発明より40年も前のことであ

表1. 半導体とそのデバイスに関する初期の研究

年	研究者	発見、発明、研究の内容
1833	M. Faraday (ファラデー)	硫化銀の電気抵抗が温度上昇と共に減少する事を見
1873	W. Smith (スミス)	セレンの電気抵抗が日照により減少する事を見、(光導電効果)
1874	F. Braun (ブラウン)	方鉛鉱(PbS)と金属との接点での電気抵抗が極性に依存する事を見
1874	A. Schuster (シャスター)	銅と酸化した銅との間での整流性を見
1876	W. Adams & R. Day (アダムスとデイ)	セレンと金属との接触面で発生する固体の光起電力効果の発見
1904	J. Bose (ボーズ)	鉱石検波器の特許
1906	Pickard (ピッカード)	シリコン結晶に金属のキャットウィスカーを接触させた検波器を初めて試みた
1907	G. Pierce (ピアース)	硫化鉛と金属針との接点を用いた検波器を作った。
1927	L. Grondahl & P. Geiger (グロンダールとガイガー)	亜酸化銅を整流器として初めて使用した。また、光起電力セルも発明した。
1928	E. Lilienfeld (リリエンフェルド)	電界効果トランジスタの基本概念を持つデバイスの特許

る。表1を参照。

シリコン結晶がゲルマニウム結晶に代り、半導体デバイスとして全面的に使用されるようになったのはブレナー型シリコントランジスタの発明された1959年以後のことである。そのきっかけは、先に述べたohlであって、1935年頃、従来の検波器に使ったシリコンの純度を良くするよう金属および化学の研究者達に求めた。そして、純度の高いシリコン結晶を用い優れた検波器を作り実用化に成功した。同時に、シリコンの重要な性質も知る事が出来るようになった。⁴⁾

半導体の研究が著しい進歩を遂げる端緒となった研究の一つはFrenkelやSchottkyの結晶欠陥に関する提案であり、^{5,6)}他の一つは、極めて純度の高いハロゲン化アルカリ結晶を用いたPohl一派と⁷⁾KochとWagnerの研究である。⁸⁾前二者の研究は結晶の構造的欠陥に関するものであり、後二者は化合物の非化学量論的組成(Non-stoichiometric composition)に関するものである。

結晶欠陥は、現在の知識では、欠陥を広義に解釈し、結晶を構成する原子の構造的な不整(格子不整)と含まれる不純物原子の両方を意味し、構造的欠陥としては格子

点に原子の存在しない空格子点や、格子間に存在する格子間原子などである。化学量論的組成よりのズレは、現在の化合物半導体ではガリウムと砒素との化合物などで知られているものである。非化学量論的組成の結晶については、絶縁物であるハロゲン化アルカリの光学的、または、電気的性質について、組成からのズレがそれらの性質に著しい影響を与える事が実験的に示された。

これらの半導体、および、絶縁物の単結晶を用いた初期の固体物理学に関する研究が、現在の固体電子デバイスへの発展をもたらしたものであって、発展のための第一段階は初期の研究の見直しであって、次いで、より欠陥の少ない材料を用い研究が行なわれた事である。¹⁰⁾

3. 半導体の電荷担体とホール効果

半導体の研究は1833年、Faraday が硫化銀 (Ag₂S)

表 2. 半導体とそのデバイスに関係する初期の研究

年	研究者	発明, 研究の内容
1926	J. Frenkel (フレンケル)	高温の結晶では原子は格子点から格子間位置に移動する事を提案した。
1929	F. Klaiber (クライバー)	斜方晶形硫化銀 (β -Ag ₂ S) は電流が電子により生じ比抵抗は約 $2.5 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ とした
1930	W. Vogt (ボーク)	亜酸化銅の電気的性質を正確に測定し、その電流は正孔によるものであるとした
1930	W. Schottky & C. Wagner (ショットキーとワグナー)	結晶格子に原子の存在しない空格子点のある事を提案した
1931	L. Bergmann (ベルグマン)	セレン光起電力セルの発明
1933	L. Grondahl (グロンダール)	亜酸化銅光起電力セルの発明
1933	E. Engelhard (エンゲルハルト)	亜酸化銅の電気伝導は正孔によることをホール効果の測定により見出した
1935	O. Fritsch (フリッチ)	酸化亜鉛の電気伝導は過剰に含まれる亜鉛原子による電子であるとした
1936	B. Lange (ランゲ)	電力用整流器に初めてセレンを使用した
1937	E. Koch & C. Wagner (コッホとワグナー)	純度の高い NaCl 結晶に人工的に CdCl ₂ を添加し電気抵抗の減少することを知った
1937	R. W. Pohl, et al. (ポールとその一派)	99.9999%の純度の高い NaCl などの結晶を作り光学的研究を不純物との関連で行った
1941	R. Ohl (オール)	自然に出来たシリコン pn 接合の光起電力現象を初めて発見した

の電気抵抗を測定し、温度係数が金属とは異なり、負である事を知ったのに始まるが、その見直しは、1929年、Klaiber が斜方晶系 (β -Ag₂S) と立方晶系 (α -Ag₂S) を区別して行ない、後で述べるホール効果 (Hall effect) の測定を通じ、前者の結晶は、179°C 以下の温度では電流として観測できる電荷担体 (charge carrier) の移動は、主として、金属と同じ電子の移動によるものである事を確め、その密度は 1 cm^2 当り 10^{19} 個であるとした。¹¹⁾

また、1874年、Schuster による、また、1927年、Grondahl と Geiger による銅と亜酸化銅 (Cu₂O) との間の整流性や光起電力に関連する問題は、1930年、Vogt により、また、1933年、Engelhard により正確に測定しなおされ、Cu₂O の伝導度は含まれる酸素の量と共に増加し、電荷担体は電子ではなく、正孔 (positive hole) である事がホール効果の測定により確かめられた。^{12,13)} 表 2 を参照。図 1 は亜酸化銅の電気伝導度、 σ の自然対数と絶対温度、T°K の逆数との関係を示す Jusé と Kurtzschatow の実験結果であって、Cu₂O に含まれる酸素が化学量的組成より多くなると共に、同一温度における伝導度が高くなる事を示すものである。¹⁴⁾ この事は、Cu₂O を酸素中で熱して得られた試料により確かめられた。

他方、酸化亜鉛 (ZnO) の電気伝導度の温度依存性を高温で測定した結果によると、伝導度は試料の熱処理条件

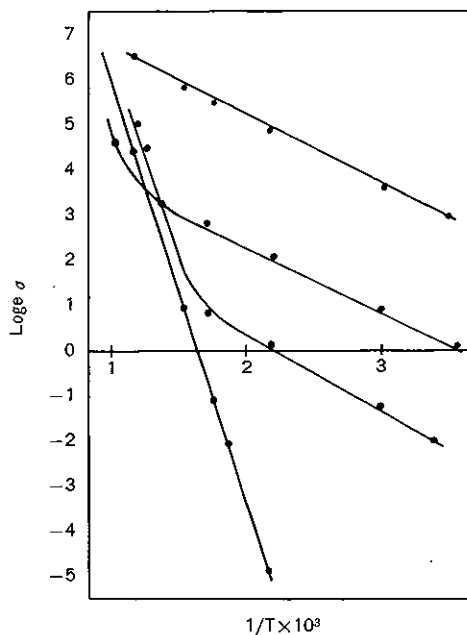


図 1. 亜酸化銅の電気伝導度と温度の関係、電気伝導度は $\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$.

に依存し、化学量論的組成より過剰に亜鉛元素を含むと推測される試料の電気伝導度はより高い値を示す事が、多くの実験により示された。過剰の金属元素の存在が、その酸化物の電気伝導度を高める事はその他の金属酸化物、例えば、酸化チタン (TiO_2) についても確かめられている。¹⁵⁾

これらの電気伝導度の化学量論的組成に関係する事柄は、結晶格子の欠陥、あるいは、不整に関係する問題であって、格子不整 (lattice defect) が電荷担体の数を左右するためである。この事については項をあらためる。

そこで、ホール効果について説明し、電荷担体としての正孔 (positive hole) について述べてみたいと思う。図2はホール効果の説明図であって、この効果は1879年、E. H. Hallにより発見されたものである。図に示すように、半導体に加えた電界方向と直角に磁界を加えると、電荷担体が負の電子であるときは、電界の方向と磁界の方向とに直角な方向、図上で上の方に負電圧が発生する。この効果は、1879年、放電管の陰極から放射した陰極線に磁界を加え陰極線が曲げられる事を発見したクルクスとバーリーによる現象と同じである。¹⁶⁾

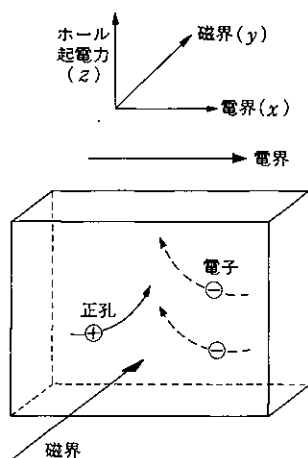


図2. 半導体に電界と磁界が同時に加えられた時のホール起電力の発生。電界と磁界は互に直角、発生する起電力は両者の方向に直角。半導体の上面と下面に正負を生じる。

すなわち、半導体の中を移動する負の電荷を持つ電子が力を受け図の上方に曲げられるため、この力の事をローレンツ力 (Lorentz force) と呼ぶ。¹⁷⁾ 電界、磁界の方向が同じであっても、電荷担体が電子のように負ではなく、正であれば、その電荷担体は電界により電子とは逆

方向に移動し、磁界により、図の上では上方向に力を受け担体の運動は上方方向に曲げられ、結果として、半導体の上下の面に発生する電位差は電子の場合と正負が逆となり上面が正となる。正孔は実質的に正の電荷を持つ担体として扱われるものであって、このような電荷担体により発生する正、または、負の電位差をホール起電力と名付け、Engelhardにより亜酸化銅について見出された担体が正孔であった。

図3、図4、は実質的に正の電荷を持つ担体とは何であるかを説明するための図である。半導体はゲルマニウムやシリコンなどの一種類の元素から出来ている元素半導体と、硫化銀、酸化銅など二種類以上の元素から出来ている化合物半導体に大きく分けられる。原子は、原子核とそれを取巻く電子からなっている。原子が集合して出来た固体は、 1 cm^3 当り $10^{22} \sim 10^{23}$ 個程度の数の原子の塊りである。古典量子物理学によると、電子は、正の電荷を持つ原子核のまわりの一定の軌道上を動いており、軌道により決まる一定のエネルギーを持つ。

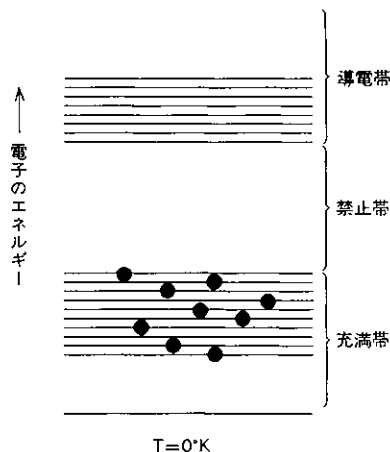


図3. 元素半導体の電子のエネルギー準位とエネルギー帯構造、温度は絶対零度。

図に示す充满帯 (filled band)、導電帯 (conduction band) は電子の持つ、または、持ちうるエネルギーを水平の線の束、エネルギーの帯 (energy band) であらわしたもので、単位の体積中にある原子の核から最も遠くの軌道にある電子の持つエネルギー準位 (energy level) の束をあらわす。その束の中の準位、つまり、水平線の本数は構成する単位体積当りの原子の数、例えば、 1 cm^3 当り 10^{22} 個の原子があれば、その数は 10^{22} 本あることになる。但し、その軌道には1個の電子があるとしてである。¹⁹⁾

図の縦方向は電子のエネルギーの大きさ、横方向は、例えば、半導体の一方向の長さを意味し、エネルギーの大きさは横方向では一定である。

半導体がゲルマニウム、シリコンなどの元素半導体の場合、不純物元素を全く含まぬ理想的なものであれば、絶対零度 (0°K) では導電帯の中の準位のエネルギーを持つ電子は1個も無く、充满帯の中のすべての準位には、それぞれのエネルギーを持つ1個ずつの電子がある。言い換えると、 0°K の半導体の導電帯には電子は1個も無く、充满帯のすべての準位は電子で満たされていることになる。この事をあらわすのが図3である。

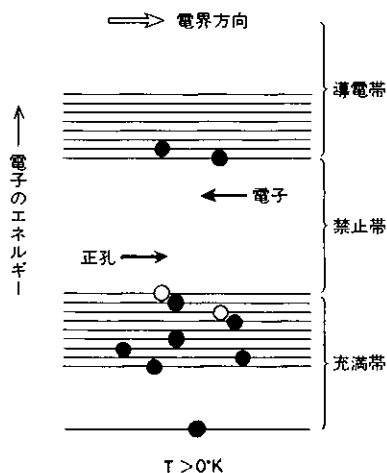


図4. 元素半導体にエネルギーが加えられ、充满帯から電子が導電帯に上げられ、充满帯に正孔が残ることを示す。電界が加えられた時の電子と正孔の移動も示す。エネルギーは、熱か光エネルギー。

●印は電子、○印は正孔を表す。

図4は、その元素半導体の温度が 0°K より高くなるか、または、外部からある大きさ以上のエネルギーがその半導体に加わると、充满帯にある電子がそのエネルギーを得て、例えば、光を吸収すると、その電子は 0°K のときには1個の電子もなかった導電帯の中の一つの準位に持ち上げられる。充满帯から導電帯に上げられるための最小の必要エネルギーの大きさが図に示したエネルギーの禁止帯幅のエネルギーである。図では充满帯の或る準位にあった電子が導電帯の準位に励起 (excite) された様子を模型的に示してある。また、そのとき、電界が加えられたときの電子と正孔の動く方向を矢印で示した。

図中の禁止帯はエネルギーの禁止帯であって、導電帯の下端と充满帯の上端の間の範囲の大きさのエネルギー

を固体中の電子は持つ事は出来ない。その範囲のエネルギー帯を禁止帯 (forbidden band) と名付けている。固体の中に電子のエネルギーの禁止帯が生じる原因は1個の原子の模型から類推できる。すなわち、原子は原子核とその周りの軌道にある電子からなり、その電子の持つエネルギーは、電子が存在する軌道により決まる不連続なエネルギーしか持つ事が出来ない。原子の集合である固体の中では、それに対応してエネルギーを図に示すように水平線、エネルギー準位 (level) であらわすから、それらは固体を形成する個々の原子の電子による準位の集合、つまり、エネルギー準位の束となる。したがって、禁止帯のエネルギー範囲は核の周りの電子に、持ち得ないエネルギーがある事に起因するエネルギー範囲と云う事になる。後で述べるように、例えば、不純物を含む元素半導体の場合、その不純物元素によって決まる準位が、禁止帯の間に局所的に生じる。¹⁸⁾ なお、一つのエネルギー準位にはスピンを考慮しないとき1個の電子しか存在し得ない事を定めたのがパウリの排他律 (Pauli, exclusion principle) である。¹⁹⁾

以上の説明から理解されるように、充满帯に残された電子の存在しない準位、あるいは、電子の抜けた孔とも呼び得るエネルギー準位が正孔 (positive hole) と名付けられているものであって、その準位には、別の準位、例えば、充满帯の中の他の準位から電子が移り得る可能性がある。また、固体、または、その半導体はそれ自身は中性であるから、充满帯から導電帯に負の電荷を持った電子が移れば、残された準位は正の電荷を持たねばならない。この準位を正孔と名付けたのは、このように、実質的に正の電荷を持つからである。

図4は、充满帯には正孔が、導電帯には電子が生じた状態で、さらに、電界が加えられたとき、それらの正孔と電子の移動の様子も示したものである。図では、充满帯から電子が励起されて導電帯に行き、結果としての、電荷担体、電子と正孔の両者の移動を矢印で示した。導電帯には満たされていないエネルギー準位が数多くあるが、充满帯には電子の存在しない準位は残された正孔の数しか無く、他のすべての準位には電子がつまっている。この状態で電界が加わると、導電帯の電子は固体の中を電界方向とは逆方向に移動するが、充满帯の中の電子も、電子のいなくなった正孔を次々に埋めてゆく。つまり、電子のいない準位である正孔は電界方向に次々に移動してゆく事が推察できる。実質的に正の電荷を持った孔 (hole) が電流として観測できるのはこのような考えで説明ができる。

半導体デバイスでは、電子管と違い、電荷担体は電子

だけではなく、正孔も担体である。しかし、正孔は実質的に正電荷を持つだけであって、正のイオンではない。電子の抜けた孔が固体の中を移動する結果として生じるもので、実際に移動するものは、やはり、電子である。半導体デバイスが理解し難い最大の理由は、正孔の存在で、それは不純物原子の存在によっても生じる。

4. あとがき

半導体デバイスに関係する研究の着手時期は、電子管に関係する研究の着手時期とほぼ同じ、1830年代であった。しかし、半導体デバイスに発展する材料の研究が、主として、材料の純度や結晶の構造的欠陥を見逃したため遅れ、電子管の研究開発に偏る結果となり、二次大戦後に初めて見直される事になった。しかし、極めて僅かの科学者が絶縁物や半導体の研究を1930年代におお続けたのが、戦後の半導体デバイスの発明や改良の端緒となった。この事は、特に、トランジスタの発明、むしろ、着想に世界の、あるいは、我が国の科学者の関心が傾きすぎたと思われるふしがある。筆者にとっては、Schockley たちよりも、pn 接合を発見した Ohl とその指導者達を高く評価したい。本文で、結晶と格子不整にふれるつもりであったが、長くなり過ぎるので稿を改めことにする。

参考文献

- 1) W. Schockley, "Theory of p-n junction", Bell System Tech. J., Vol. 28, 435(1949).
- 2) C. Wagner, Phys. Zeits., Vol. 32, 641(1931).
- 3) J. Millman, "Microelectronics", p. XX prologue, McGraw-Hill Book Comp., New York, (1979).
- 4) G. L. Pearson & W. H. Brattain, "History of Semiconductor Research", Proc. of the IRE, Solid-State Electronics, p. 1794, December(1955).
- 5) J. Frenkel, Zeits. f. Physik, Vol. 35, 652(1926).
- 6) C. Wagner & W. Schottky, Zeits. f. Phys. Chem. (B), Vol. 11, 163(1930).

- 7) R. W. Pohl, Proc. Phys. Soc., Vol. 49, 3(1937).
- 8) E. Koch & C. Wagner, Zeits. f. Phys. Chem. (B), Vol. 38, 295(1937).
- 9) N. F. Mott & R. W. Gurney, "Electronic Processes in Ionic Crystals", 2nd Edition.
- 10) 文献 9), p. 152.
- 11) F. Klaiber, Ann. Phys. Lpz. (5), Vol. 3, 229(1929); 参考図書(1), p. 120.
- 12) W. Vogt, Ann. Phys. Lpz. (5), Vol. 7, 183(1930); 参考図書(1), p. 122.
- 13) E. Engelhard, Ann. Phys. Lpz. (5), Vol. 17, 501(1933).
- 14) W. P. Jusé & B. W. Kurtzschatow, Phys. Zeit. d. Sowjetunion, Vol. 2, 453(1933); 文献 9), p. 163.
- 15) 文献 9), p. 165.
- 16) 三宅清司, The Chemical Times, No. 4, p. 11(1993).
- 17) 橋口隆吉, 神山雅英訳; A. J. Dekker, "Solid State Physics" p. 307(1957). コロナ社(東京).
- 18) A. H. Wilson, "The Theory of Metals", p. 114(1965), Cambridge Univ. Press, (Cambridge).
- 19) 酒井善雄, 山中俊一訳; A. J. Dekker 著, 電気物性論入門, p. 9 (1961), 丸善株式会社(東京).

参考図書

- 1) A. H. Wilson, "The Theory of Metals", 2nd Edition, Cambridge Univ. Press, London(1965).
- 2) W. Schockley, "Electrons and Holes in Semiconductors", D. Van Nostrand Company, Inc., New York, (1950).
- 3) 三宅清司, "光電素子とその応用", 朝倉書店, 東京, (1966).
- 4) Proc. of the IRE, "Solid-State Electronics", Dec., (1955).
- 5) J. N. Shive, "The properties, Physics, and Design of Semiconductor Devices", April, (1959).
- 6) J. Millman, "Microelectronics", Mc-Graw-Hill Book Comp. New-York, (1979).
- 7) C. L. Hemenway et al, "Physical Electronics" 2nd Edition, J. Wiley & Sons, Inc. New York, (1967).
- 8) N. F. Mott and R. W. Gurney, "Electronic processes in Ionic Crystals", 2nd Edition, (1940).
- 9) F. Seitz, "The Modern Theory of Solids", 1st Edition, Mc Graw-Hill Book Company Inc., New York(1940).
- 10) W. M. Penney & L. Lau, "MOS Integrated Circuits", Van Nostrand Reinhold Co., New York, (1985).

LCD製造用薬品

現在、情報の多様化が進むなかで液晶ディスプレイ(LCD)が急速に普及しており、表示画面の大型化と共に画質の向上が同時に要求されております。弊社では、これらの要求にお応えし各種薬液を提供しております。

1. ガラス基板洗浄液 クレア635N

アルカリ金属や無機不純物を含まない有機系洗浄剤で、脱脂と無機不純物の除去効果がすぐれております。

この他にも各種薬品を取りそろえております。

2. エッチング液

ITO エッチング液, Cr エッチング液
ご要望に応じてご調製致します。



関東化学株式会社 電子材料事業本部

〒103 東京都中央区日本橋大伝馬町3-2
秀和第2日本橋本町ビル5F

E. MERCK生まれ
関東化学育ち

超・高・性・能
HPLCカラム

CHROMATOGRAPHY

Cica-MERCK

Purospher® RP-18

金属配位化合物

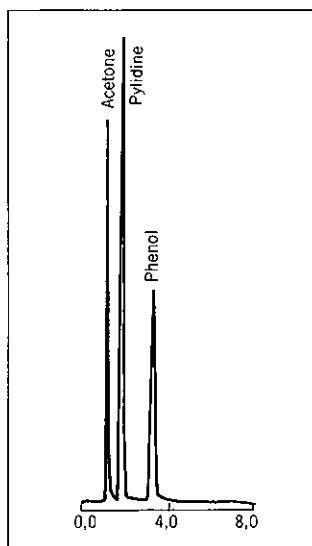
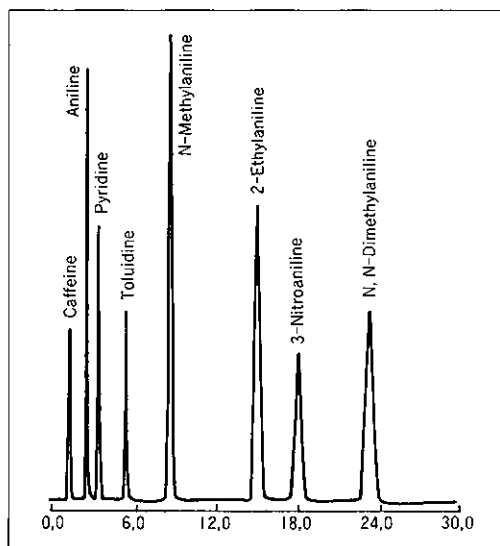
含窒素化合物

塩基性化合物

Purospher RP-18

抜群のピーク形状

プロスフェアは、超高純度シリカゲルに
オクタデシル基を化学修飾し、MERCK社独
自の新処方によるフルエンドキャップを
施した超高性能逆相カラムです。



Chromatographic Conditions

Column : LiChroCART 125-4 Purospher RP-18

Eluent : $\text{CH}_3\text{CN}/\text{H}_2\text{O} = 30/70(\text{v/v})$

Flow rate : 1ml/min

Detection : UV254nm

分析から分取まで、幅広い製品をご用意致しております。

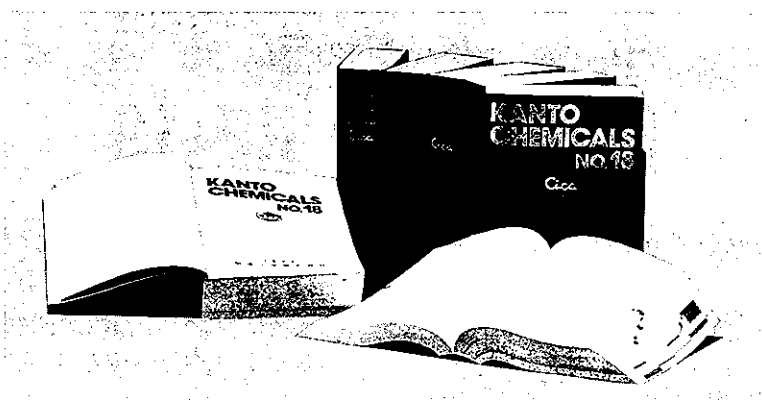
詳細につきましては、下記までお問い合わせ下さい。



関東化学株式会社
試薬事業本部

本社/〒103 東京都中央区日本橋本町3-2-8 ☎03(3663)7631
大阪/〒541 大阪市中央区瓦町2-5-1 ☎06(222)2796
福岡/〒812 福岡市博多区山王1-1-32 博多堀池ビル ☎092(414)9361

第18版総合カタログ



‡『第18版総合カタログ』の新製品‡

- ・計量法トレーサビリティ制度に基づく標準液各種
- ・新水道法対応の試薬、標準液、および農薬標準液
- ・ポケット型反射式光度計+試験紙による簡易環境分析システム『RQフレックスシステム』
- ・差数法により高純度を保証した新素材開発用試薬
- ・分子生物学用酵素、試薬キット『ピッカシリーズ』
- ・サイトカイン、そのモノクローナル抗体、CD抗体ELISAキット、その他、各種免疫研究用試薬、等

‡『第18版総合カタログ』では
製品情報の充実をはかりました‡

- ・汎用無機試薬、金属化合物を中心に色調・形状のデータを記載
- ・アンプル、シリンダー等の特殊容器を使用している弊社製品をマークで表示
- ・強い変異原性の認められた既存化学物質の表示
- ・巻末部付表では溶剤物性値等を一覧表で掲載、他

新カタログ『第18版総合カタログ』を配布中です。
ご希望は最寄りの弊社試薬販売店または弊社営業所までお寄せ下さい。

＜編集後記＞

今冬は暖冬ということでしたが各地で大雪に見舞われ、東京でも2月中旬に1日中雪国なみの吹雪で20cmを越す積雪をみるなど結構厳しい冬でした。本号がお手元に届く頃には桜前線も北上し、うららかな陽光を浴び戸外活動で汗を流す人の姿も見られることと思います。

最近の景気動向のことなど考えると暢気な気分にもなれないのですが、それはそれ、まずは気持ちを引き締め、すべてに対処する心構えが肝要かと存じております。

今回は、長瀬先生の“病は気から”というごく身近かな問題についての科学的な裏付けのお話、原田先生の貴重な写真を数多く紹介されての“J.リービッヒの生家”のお話、三宅先生には引き続き“エレクトロニクスの発端”で半導体研究の初期について掲載させていただきました。

ご執筆賜りました諸先生方に厚くお礼申し上げますと共に、ご愛読者の皆様方のより一層のご支援を賜りますようお願い申し上げます。

＜山田記＞



関東化学株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本町3丁目2番8号

電話 (03) 3279-1751

編集責任者 山田 和夫 平成6年4月1日 発行