

# 化学者から見た技術の画期的成果

## III. 健康と医学

化学は健康と医学の分野で多くの突破口を開き、我々はより幸福に、健康で長生きすることができるようになった。人の歴史でも近代に至るまでの長い期間、医学は未熟で、もし病気や怪我をしても医師は痛みを和らげて清潔に保つことしかできなかった。

この100年で医師達が病気や怪我を治療する手段は目覚ましい進歩を遂げ、病気の予防も可能になりつつある。化学者とエンジニアの尽力により、新しい薬品、医療器具、診断方法が開発され、近代医学の礎が築かれた。化学は医療の発達に貢献し、数多の人命が救われ、より良い生活を送れるようになってきた。

### III.1. 疼痛と炎症の管理

Morphine (モルヒネ)  
Aspirin (アスピリン)  
Cortisone (コルチゾン)

### III.2. 精神治療薬

Chlorpromazine (クロロプロマジン)  
Tricyclic antidepressants (三環系抗鬱薬)  
Benzodiazepines (ベンゾジアゼピン)

### III.3. ホルモンとホルモン調節因子

Insulin (インスリン)  
Testosterone テストステロン()  
Progestins, estrogens, and oral contraceptives  
(プロジェスチン, エストロジェン, 経口避妊薬)

### III.4. 胃腸薬

潰瘍治療の進歩

### III.5. 病理検査と診断

病理画像診断  
医療用アイソトープ  
化学検査の開発  
個人検査の進歩

### III.6. 抗感染剤

Salvarsan (サルバルサン) と  
Prontosil (プロントシル)  
Penicillin (ペニシリン)  
Zidovudine (AZT) (ジドブジン(AZT))

### III.7. 心血管系の管理

心拍の調整  
心不全の治療  
血栓の溶解  
血中コレステロール値のコントロール

### III.8. 癌の化学療法

癌の化学療法の進歩  
細胞毒薬剤  
Tamoxifen (タモキシフェン)

### III.9. 新規のヘルスケア素材

義肢と医療器材  
医療機器  
殺菌剤と漂白剤

### III. 健康と医療技術における画期的成果

#### 年表

**1899** 疼痛、関節の炎症と腫れ用にAspirin (アスピリン) が製造される。

**1909** 初の化学療法薬としてSalvarsan (サルバルサン)が製造される。

**1922** 糖尿病による高血糖の軽減にインスリンが使用される。

**1923** モルヒネ(Morphine)の化学構造が決定される。

**1927** 尿中のエストロゲンでの妊娠検査が開発される。

**1935** プロントシルで致命的な連鎖球菌感染が治療される。

**1942** ナイトロジェン・マスタードにより癌化学療法の時代が始まる。

**1943** ペニシリンによる感染症の治療が行われ、抗生剤療法が始まる。

**1954** Digoxin (ジゴキシン) が血栓性疾患の治療に承認される。

**1954** Chlorpromazine (クロロプロマジン)により近代抗精神治療が始まる。

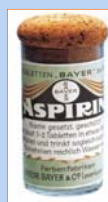
**1960** Enovid (エノビド)が経口避妊薬として製造・販売される。

**1963** 癌の治療にハーブ由来の細胞毒性薬が使用される。

**1976** 酸の分泌を抑える Tagamet (タガメット)が消化性潰瘍治療薬として使用される。

**1977** 癌の化学療法にホルモン阻害剤であるタモキシフェンが導入される。

**1987** ジドブジン (AZT)がHIV感染の治療薬としてFDAに認可される。



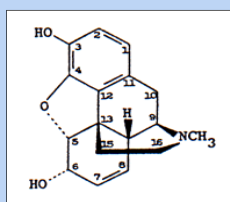
アスピリン、製造された史上初の薬  
1900年)



Paul Ehrlich (ポール・アールリッヒ)、サルバルサンの開発者



インスリンを初めて抽出した Frederick Banting (フレデリックバンティング) と Charles H. Best (チャールズ H. ベスト)



モルヒネの化学構造



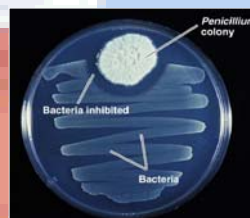
妊娠検査



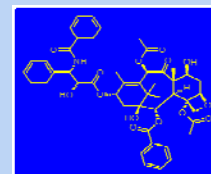
プロントシル



ステンドグラスに描かれた Alexander Fleming (アレクサンダーフレミング)



ペニシリンの作用のメカニズム



細胞毒性薬、タキソールの化学構造



エノビド



乳癌との闘いのシンボルであるピンクリボンと、AIDSとの戦いのシンボルのレッドリボン



胃潰瘍

### III.健康と医療における化学技術の画期的な成果

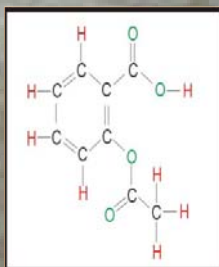
#### III.1. 疼痛と炎症の管理

##### モルヒネ

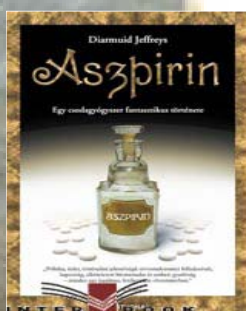
1800年代初期から痛みの軽減のために用いられたモルヒネは、未精製の阿片から抽出された。1920年代、ハンガリー人の薬剤師Janos Kabay (ヤノス カベイ)は、モルヒネを未熟なケシの実からだけでなく乾燥したケシの茎からも抽出し、モルヒネ生産に革命を起こした。1923年、依存性や呼吸トラブル等といった望ましくない性質を持たない強力な鎮痛剤を合成するため、モルヒネの化学構造を決定するべく研究が行われた。天然素材からの抽出物が人体に及ぼす影響を把握することが、合成モルヒネ、そしてさらに安全な Nalorphine (ナロルフィン)やNaloxone (ナロキソン)等の1961年の薬の開発につながった。



ハンガリー、ブダペスト市内のヤノス カベイの墓



アセチルサリチル酸

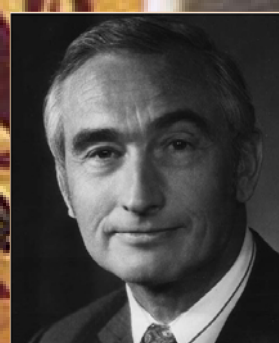


##### アスピリン

1890年、安価で効果的なリウマチ関節炎の抗炎症剤としてサリチル酸が生産されたが、吐き気、胃カタル等の不快な副作用がみられた。アセチルサリチル酸(アスピリン)は1897年にバイエル社のドイツ人化学者Felix Hoffmann (フェリックス・ホフマン)によって合成され、Heinrich Dreser (ハインリッヒ・ドレゼル)によって薬理的評価が行われた。アスピリンの生産は1899年に開始され、1900年に錠剤が初めて販売された。アスピリンはサリチル酸より副作用が少なかったため、発売後まもなくポピュラーになった。工業的に生産された初の薬品であるアスピリンは、今日でもなお大量に生産されている。アスピリンは心臓発作を抑制する効果が発見される80年代半ばまで、主に頭痛薬として使用されていた。

##### コルチゾン (Cortisone)

1940年代、副腎皮質の研究で、ある種の天然ホルモン(ステロイドともよばれる)に抗炎症作用があることが明らかになった。1936年に初めて天然物から分離されたコルチゾンは、後にアメリカ人Lewis Hastings Sarett (ルイス ハスティングス サレット)によって1948年に合成された。翌年にはコルチゾンはリウマチ関節炎への奇跡的な効果のため、商業的に大量生産されていた。さらに治験により、コルチゾンは関節炎を治癒することではなく、重篤な副作用を引き起こしたものの、喘息やアレルギーの治療にも効果があることが示された。ステロイド合成のさらなる研究は、副作用が少なく、より効果的な抗炎症薬の predonisone (プレドニゾン)、predonisolone (プレドニソレン)、dexamethasone (デキサメタゾン)の開発につながった。



ルイス ハスティングス サレット



関節の炎症で引き起こされた変形

### III.健康と医療における化学技術の画期的な成果

#### III.2. 精神治療薬

##### クロプロマジン (Chlorpromazine)

クロプロマジン(商標はThorazine, Hibernal)は、元々は抗ヒスタミン作用による抗アレルギー剤として発明されたが、精神統合失調症の治療に1954年に初めて使用された。この新しい治療法は劇的な効果があり、抗精神病薬療法の新たな時代の到来を告げた。投薬による精神疾患のコントロールは、電気刺激、インスリン刺激、前頭葉のロボトミー手術(全部前頭葉を切り離す外科的治療)等の従来の方法をまもなく駆逐し、世界的に入院率を減らす力になった。後の研究ではクロプロマジンの薬理的な動作メカニズムに光が当てられ、ハロペリドール (Haloperidol) やオランザピン (Olanzapine)等の多くの抗精神病薬の開発の礎となった。



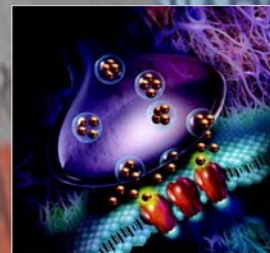
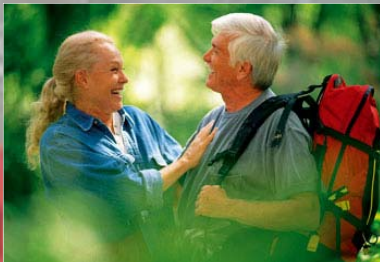
映画のシーンより: “One Flew Over the Cuckoo’s Nest (カッコウの巣の上で)” (1975年)。同作品では精神疾患の悲惨な影響を描いている。



産後鬱の発症

##### 三環系抗鬱薬 (Tricyclic antidepressants)

1958年、元は抗精神病薬治療薬として開発されたイミプラミン (Imipramin) の治験により、その抗鬱作用が明らかになった。イミプラミンは脳のニューロトランスミッター(刺激を伝達する物質)の活動に作用することで効力を発揮する。続々と開発されたこのクラスの薬は、まとめて‘三環系’抗鬱剤と知られている。三環系抗鬱剤はまもなく、この社会復帰が困難な病気の標準的な治療法になった。



脳のニューロトランスミッター

##### ベンゾジアゼピン (Benzodiazepines)

1959年、クロロジアゼポキシサイド (Chlordiazepoxide, 商標 Librium) から、より強力な新規クラスの抗不安薬・ベンゾジアゼピンの開発研究が着手された。この薬とその係累の薬は、バルビツール酸系催眠薬 (barbiturates) や1950年に発見され成功していた抗不安薬・メプロバメート (Meprobamate) に急速にとってかわり、この時代で最も成功した薬と見なされている。許容性が高く安全なベンゾジアゼピンは催眠剤、筋弛緩剤としても成功し、癲癇の治療にも使用されている。



### III.健康と医療における化学技術の画期的な成果

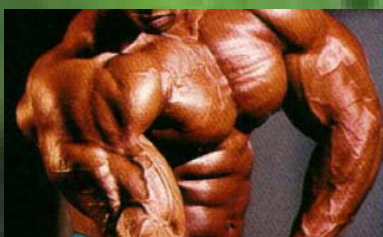
#### III.3. ホルモンとホルモン調節因子

##### インスリン (Insulin)

膵臓の特殊な細胞に産生されるホルモン・インスリンは、体の血糖値(グルコース)レベルの調整を行う。インスリンの欠如により1920年代はじめまでは致命的と考えられていた1型糖尿病が発症する。二人の若きカナダ人医師・Frederic Banting (フレデリック バンティング)と Charles H. Best (チャールズ・H・ベスト)は、1921年にウシ胎児の膵臓からインスリンを分離し、注射が可能になるまで精製した。最初の患者は、死の淵にあった14歳の少年で、治療後、数週間うちに退院することができた。インスリンは1922年、Eli Lilly and Company (エリ リリー社)によってウシ胎児の膵臓から製造された。ヒト由来のインスリンは、DNA組み換え技術によって1982年に生産された。



フレデリック バンティング  
とチャールズ H. ベスト  
(絵画)



##### テストステロン (Testosterone)

テストステロンは男性器の形成と第二性徴の発現を担う。テストステロンは、構造的にコレステロールに似たステロイドホルモンである。テストステロンは、ホルモン欠乏疾患の治療のため、1935年に初めてコレステロールから合成された。テストステロンは容易に入手可能な天然素材を原料に化学薬品・微生物を用いて生産されている。



##### プロジェスチン(Progestins), エストロジェン(Estrogens), 経口避妊薬

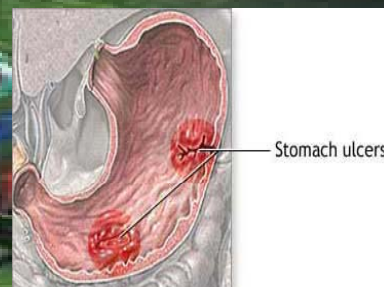
1930年代、二種の女性ホルモンが妊娠したロバの尿とメキシコ甘草から分離され、生産された。プロジェスチン(黄体ホルモン)は妊娠を維持し、エストロジェン(卵胞ホルモン)は月経周期に影響を与えることが発見された。1950年代、これらのホルモンの合成品が生産され、ヒトの受胎と妊娠への影響についての研究が行われた。これらの優れた避妊効果は女性用経口避妊薬の開発につながった。1960年、アメリカで市販されたエノビド(Enovid)は、エストロジェンとプロジェスチンを効果的に組み合わせた最初の経口避妊薬となった。



#### III.4. 胃腸薬

##### 潰瘍治療の進歩

1972年、Smith, Kline & French (スミス・クライン&フレンチ)社のスコットランド人薬剤師 James Black (ジェイムズ ブラック)らは、胃酸の過剰な分泌に光をあてた。このタイプの薬理学研究は現在、“合理的薬物設計”として知られている。1976年までには、彼らは副作用を最小に抑えた胃酸の分泌を阻害する薬・シメチジン(Cimetidine, 商標Tagamet)を開発した。その胃潰瘍への使用の広がりと共に劇的に手術の需要が減少した。タガメットは間もなく最も処方されることの多い薬になった。



### III.健康と医療における化学技術の画期的な成果

#### III.5. 病理検査と診断

##### 病理画像診断

開発された当時、画期的であったX線装置やMRI (Magnetic Resonance Imaging)は、今や医療の現場では診断とケアのルーティーンの一部になっている。1895年にX線を発見したドイツ人物理学者Wilhelm Konrad Roentgen (ヴィルヘルム コンラッド レントゲン)は、手始めに彼の妻の手の骨を撮影した。1900年には、X線装置はほとんどの大病院にも装備されていた。核磁気共鳴技術(NMR)は1970年代では化合物の構造を決定するために使用され、1985年にはMRIにヒトへの使用が承認された。化学増感剤と特殊なフィルムエマルションはX線、CT (Three-dimensional x-ray imaging, Computer Tomography)スキャン、MRI、超音波の画像を向上させ、診断に欠かせないものになった。



レントゲン夫人の手の透過画像



##### 医療用アイソトープ

1943年にノーベル賞を受賞したハンガリー人George Hevesy (ジョージ ヘヴェジ)による先進的な業績の恩恵で、医療イメージングはアイソトープの使用によって内臓の機能の観察が容易になった。1935年、ヘヴェジは放射性核種を用いて、蛍光体の代謝の機構を決定した。化合物は、放射性同位元素 (technetium-99m, thallium-201など)やX線遮蔽物(バリウムやヨウ素化合物など)で標識された。放射性物質で標識された化合物は、ガンマ線を捕らえるカメラで体内での局在を追跡することができ、標識された化合物が運ばれる器官の有用なイメージを捕らえることができる。医療用アイソトープを応用した診断には、腫瘍の探知、肝臓病の診断、心機能へのストレス評価などが含まれる。



##### 化学検査の開発

今日、身体の状態は血液、尿、便、唾液、汗に含まれる病気のマーカーや薬品の残渣を調べることによって把握している。ラボでの検査、コンピューター制御の精密機器、自宅での検査、いずれも基本的な化学反応を測定しています。19世紀初頭、診断は症状の観察に基づいて行われており、“患者がある病気特定の治療に反応したのなら、その患者はその病気に違いない”と、思われていた。診断のための検査が始まったのは、1882年Paul Ehrlich (ポール アールリッヒ)が、“チフスへの罹患が証明できるのは、ある種の染料で確認できるチフス菌の存在を確認した場合のみ”と発見してからのことである。これ以前の診断は、患者の皮膚の色で行われていた。



##### 個人検査の進歩

簡便な個人検査キットの普及により、人々は自ら進んで健康管理ができるようになった。かつて糖尿病患者は、尿中の糖を測定するために、わざわざ病院へ行かねばならなかった。1941年、Miles Laboratories (マイルズ研究所)は初めて尿中の糖を測定する自宅検査キットを発売した。開発は困難だったが、1956年には尿を浸せば結果が見られる検査キットが開発された。1960年代には、プローブで血中グルコース値を測る電池電源のポータブル血糖値測定器が開発され、糖尿病患者の生活は格段と向上した。1970-1980年代、便中の潜血、排卵、妊娠、連鎖球菌性咽頭炎の検査ができる家庭向け診断キットが発売された。

### III.健康と医療における化学技術の画期的な成果

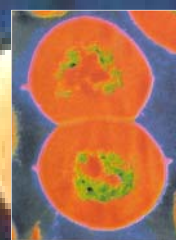
#### III.6. 抗感染剤

##### サルバルサン(Salvarsan)とプロントシル (Prontosil)

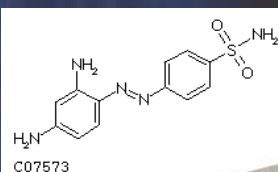
ドイツ人細菌学者Paul Ehrlich (ポール アールリッヒ) は、砒素の抗菌作用を研究し、1909年に致命的な性病の梅毒の治療薬としてサルバルサンを発明した。他の研究者達もこの戦略を踏襲し、感染症に効果のある化合物の発見に努めた。最初のサルファ剤・プロントシルは、それ以前は布の染料として使われていたが、1932年に慢性肺炎の原因となる連鎖球菌感染の治療薬を求める過程で発見された。この発見は大変重要で、ドイツ人生化学者Gerhard Domagk (ゲルハルド ドマク)はこの分野の研究で1939年にノーベル医学賞を受賞した。プロントシルの抗菌に有効な成分は、サルファニルアミド (Sulphanilamide)であることが後の研究でわかった。1938年に作られたサルファピリジン(Sulphapyridine)を含む多くの他の抗生剤が、この成分から作られた。サルファ剤のおかげで1940年代にロベリア肺炎による死亡率は劇的に低下し、何百万の命が救われた。サルファ剤の重要性は、ペニシリンの時代が到来するまで続いた。



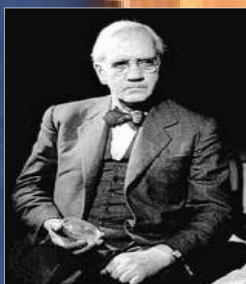
ゲルハルド・ドマク



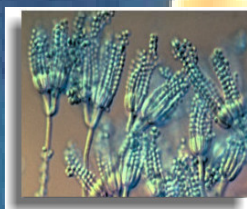
連鎖球菌  
(Streptococcus  
bacteria)



プロントシル  
の構造式



アレクサン  
ダー フレ  
ミング



Penicillium notatum  
(カビの一種)

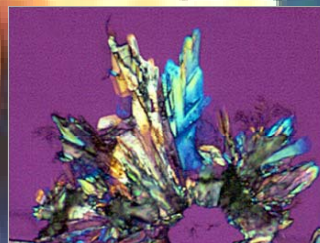
##### ペニシリン

1928年、スコットランド人細菌学者Alexander Fleming (アレクサンダー フレミング)は、自然に生えたカビ(Penicillium notatum)からの抽出物に強力な殺菌作用があることを発見した。天然物由来のペニシリンは1943年の戦争の激しい時期に作られ、第二次世界大戦中、アメリカとイギリスの負傷した兵士達の感染症や四肢切断を劇的に減少させた。この天然のペニシリンは大変希少で高価だったので、治療した患者の尿からリサイクルしなければならなかった。化学者達は、それまでは天然物をベースに発展させた人工の物質を合成してきたが、今度は薬のベースとなった天然素材を人工的に合成することになった。ペニシリンの化学構造は、1940年代にイギリス人研究者Dorothy Crowfoot Hodgkin (ドロシー クロウフット ホジキン)によって決定され、合成が可能になった。1957年には、製薬会社数社がペニシリンを合成し、商業的生産が開始された。彼らの成功は抗生物質治療の新時代の到来を知らせるものとなった。

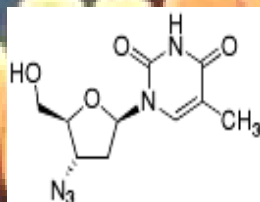


##### ジドブジン, AZT (Zidovudine, AZT)

ジドブジン(AZT)はアメリカでヒト免疫不全症候群ウイルス(HIV)感染の治療薬として1987年に認可された。この薬は1964年に初めて合成されており、癌の化学療法には効果がないとされ、アメリカの研究グループにレトロウイルス抑制効果が発見される1986年まで忘れ去られていた。AZTとそれに関連したヌクレオシド薬は、特定のウイルスの酵素をターゲットにし、ウイルスの複製を阻害する。しかし、HIVの急激な薬剤耐性の獲得もまたAZTで初めて示され、一剤単独でのHIVの治療は、もはや行われていない。



ジドブジンの結晶



ジドブジンの  
構造式

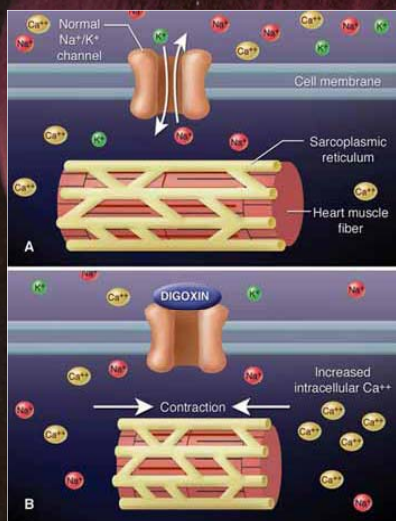
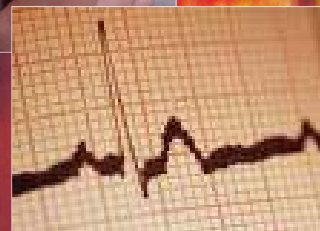


### III.健康と医療における化学技術の画期的な成果

#### III.7. 心血管系の管理

##### 心拍の調整

局所麻酔薬プロカイン(Procaine)の拍動を調整する効能(抗不整脈作用ともよばれる)は1930年代に発見された。このタイプの薬剤治療は複雑で、不整脈を阻止する薬がある条件化では不整脈を起こす原因になるので、大変難しいが、最終的にはプロカインは不整脈治療に承認された先駆けの薬となった。プロカインは細胞膜のタンパクのナトリウムチャンネルを阻害する。プロカインの後には多くの薬が開発され、その中にはベータ阻害剤、カリウムやカルシウム・チャンネルの拮抗薬なども含まれている。



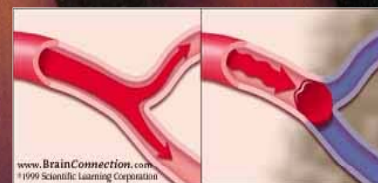
##### 心不全の治療

ある種の植物に含まれる化合物のジギタリス配糖体は、数世紀に亘って心不全の治療に使われてきた。後の研究では、これらの化合物が、いかに心臓の収縮力を増すが研究され、ジゴキシン(Digoxin)がギリシャ・フォックスグローブ(grecian foxglove, Digitalis lanata)の葉から抽出され、1954年に心室細動と鬱血性心不全の治療に認可された。そして降圧剤の仲間も心不全の治療に使用できることも発見された。



##### 血栓の溶解

動物の肝臓から分離されるヘパリン(Heparin)は、1953年、初めて輸血中の血栓形成を予防するために使用され、まもなく最も一般的な抗凝結剤(anticoagulant)になった。ヘパリンは心臓や動脈の手術中に血栓の形成を防ぐために使われている。脳卒中を予防し、心臓発作と血栓症を治療する経口抗凝結剤のワーファリン(Warfarin, Coumadin)は、1955年に認可された。1970年代、一旦、血栓が形成されてしまっても、血栓溶解薬で治療可能であることが発見された。酵素の働きで血栓を溶解する手法は、ウロキナーゼ(Urokinase, 1977年), ストレプトキナーゼ(Streptokinase, 1978年), そして遺伝子工学で作られた組み換え体・組織プラスミノゲン活性化因子(Tissue plasminogen activator, tPA, 1987年)に受けつがれている。



Arteriosclerosis

##### 血中コレステロール値のコントロール

動脈内のコレステロールの沈着(動脈硬化症)は、冠状動脈性心臓病と脳卒中の主な原因である。初期および後期のコレステロール合成を制限し、重要な酵素のメバロン酸塩への変換を阻害することによって血中コレステロール値を制御するロバスタチン(Lovastatin, Mevacor)は、1987年に認可された。シムバスタチン(Simvastatin)やアトルバスタチン(Atorvastatin)のような後発の強力な薬は、血中の高い脂質量(脂質異常症)の治療に大変効果的で使用も広く容認され、画期的な薬となった。

### III.健康と医療における化学技術の画期的な成果

#### III.8. 癌化学療法

##### 癌化学療法の進歩

化合物の癌治療への使用(癌化学療法)は、1942年にLouis S. Goodman (ルイスS.グッドマン)とAlfred Gilman (アルフレッドギルマン)が臨床の場でナイトロジェンマスタードを用いたのが始まりである。また、葉酸をブロックする薬品(代謝拮抗物質)も開発された。1947年に開発されたアミノプテリン(Aminopterin)は、白血病に対して有効でしたが、白血球への悪影響があったため、すぐにメソトレキセート(Methotrexate)にとってかわられた。1950年代、George Hitchings (ジョージ ヒッキングス)とCharles Heidelberger (チャールズ ハイデルバーガー) は、白血病治療のために代謝拮抗剤・メルカプトプリン(Mercaptopurine)を、胃腸と胸の腫瘍にフロウラシル(Fluorouracil)を開発した。

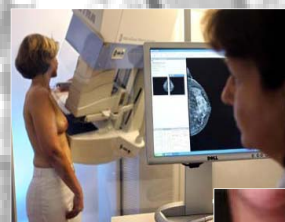


##### 細胞毒性薬 (Cytotoxic drugs)

細胞毒性薬(細胞に対して毒になる薬品)は植物から分離され、1963年に初めて癌化学療法に導入された。これらの抗癌剤は、増殖の速い新生(腫瘍性の)細胞が細胞毒性薬によるダメージを被り易いことを前提としている。細胞毒性薬のバリエーションには、ツルニチンチソウから分離されたビンカ アルカロイド(vinca alkaloids), (vincristine とvinblastine) と、1970年にハッカクレンから分離されたポダフィロトキシン(Podophylotoxin) が含まれる。タキソール (Taxol) は1971年にタイヘイヨウイチイから分離され、1990年代はじめに乳癌と肺癌の進行癌治療薬が開発された。

##### タモキシフェン (Tamoxifen)

1971年に開発された人工分子・タモキシフェンは、エストロゲン依存性腫瘍の成長を抑える働きをし、1977年に乳癌の治療に導入された。高レベルのエストロゲンは乳房組織の細胞の増殖を活性化するので、このタイプの化学療法は癌細胞の成長を促進する内在性の天然ホルモンを阻害することで効力を発揮する。これと似た作用のメゲストロール(Megestrol) は、天然のステロイドホルモン・プロジェステロン(Progesterone)の合成物で、再発する乳房腫瘍の治療に使用されている。



乳房腫瘍のマンモグラフィー画像

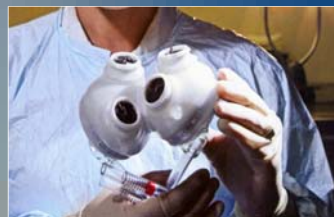
早期発見を促す女性  
自身が行う乳房触診

### III.健康と医療における化学技術の画期的な成果

#### III.9. 新規のヘルスケア素材

##### 義肢と医療器材

近代に作られた義肢、人工臓器、人工関節、コンタクトレンズ、補聴器、特殊プラスチックや他のハイテク素材から造られた生体材料、これらのすべては化学によって作られた。分子構造を操作し、新たな分子を作り出し、化学者とケミカルエンジニアは、強靱で柔軟、かつ耐久性の高い医療用素材を開発した。このような医療機器には、1945年に開発された人工腎臓、1950年代の人工心臓弁、1982年の埋込型人工心臓などがある。プラスチックのコンタクトレンズは1956年に紹介され、遠近両用のソフトレンズは1985年にさらに改良された。



人工心臓弁

人工心臓



##### 医療機器

化学は現代の病院や診療所で使用されているほとんどのプラスチックやビニール製品を作り出してきた。今日の医療機器は連日の使用に耐えうる耐久性が必要で、きれいな無菌環境の維持に役立っている。医療で行われるルーティーン作業には、芸術の域の診断装置、聴診器、包帯、新素材の布、シリンジ、外科用器材、血液バッグ、プラスチック製品の数々が使われており、これらすべてが化学で作られている。おむつにさえ吸湿性ポリマーが使われており、赤ちゃんの敏感な皮膚の炎症を防いでいる。

##### 殺菌剤と漂白剤

化学の力は、カビを分解し、シミを取り除き、家を清潔に保つことを可能にした。1900年代はじめ、化学者はバクテリアの抑制と、効果的な衣類と家の表面のクリーニングを集中的に研究していた。1913年、研究者は手頃で使い易い漂白剤を調合した。今日、漂白剤はどの家庭でも常備され、効果的な雑菌の除去に使用されている。塩素もまた、家庭、病院、その他の建物をウイルスと細菌から守る強力な武器となる。ハンガリー人産婦人科医 Ignatius Semmelweis (イグナチウス セメルワイス)は、1847年に彼の病棟で塩素水での手洗いを史上初めて導入した。

