

化学者から見た技術の画期的成果

I. エネルギーと輸送

化学者と化学技術者は人類が地上、空中、そして宇宙に進出する力となるエネルギーと輸送分野で、多くの貢献をしてきた。

19世紀には、人々は薪や石炭で家の中を暖房し、石油ランプやろうソクにより照明し、鉄道、汽船、馬あるいは徒歩で旅行していた。

エネルギー需要がここ2世紀の間に増加してきたのに対して、化学により、液体燃料、電池などのエネルギー源や数々の革新的なエネルギー転換技術の開発・改良が行われてきた。

また、化学の進歩により、自動車、航空機、宇宙船、および道路に新規材料や改良された材料が提供され、輸送革命がもたらされた。化学により、天然資源から金属、鉱物、および輸送用燃料が分離精製され、またまったく新しい材料を製造され、私たちの生活様式は大きく変革した。

I.1. エネルギー源

エネルギー源としての石炭の利用
石油の探査とその採掘
核エネルギー
代替資源

I.2. 電気エネルギーの貯蔵とポータブル電源

使い捨て電池
充電電池

I.3. 道路と橋のための材料

コンクリート
アスファルト
金属、合金
保守と修復のための技術

I.4. 石油系燃料

原油からのガソリンの分離
燃料添加剤
接触改質器

I.5. 自動車

安全と快適性のための先進材料
プラスチック部品
タイヤ

I.6. 航空機

熱気球
ヘリウム飛行船
ロケット燃料
航空機とロケットの構造材

I. エネルギーと輸送

年表

1882 民生用の最初の石炭火力発電所.

1884 ドイツ人のGottlieb Daimler (ゴットリーブ・ダイムラー) がガソリンを燃料とする火花点火方式レシプロエンジン搭載の自動車を製造した.

1902 原油から道路のアスファルト舗装材の製造.

1913 石油精製において熱分解技術の導入によるガソリンの収率向上がはかれる.

1921 Thomas Midgely Jr (トーマス ミジリー Jr) によるガソリン機関のアンチノック剤である四エチル鉛の開発.

1936 フランス人のEugene Houdry (ユージン フードリー) が接触分解法による高オクタンガソリンの製造法を開発した.

1947 アメリカ人 B. F. Goodrich (B. F. グッドリチ) が世界最初のチューブレスタイヤを導入した.

1949 Eveready Battery Co. (エバレディバツ・テツリ社) がアルカリ電池の小型化に成功した.

1954 世界最初のシリコン系太陽電池がBell Labs (ベル研究所) で開発される.

1958 ボーイング707が登場し、旅客機を変革する.

1970s 無鉛ガソリンの登場とガソリンの無鉛化.

1975 排ガスの触媒浄化装置が多数の自動車に導入される.

1980-1990s リチウムイオン電池が携帯電話やノートパソコンの電源として普及した.

1981 スペースシャトル Columbia (コロンビア) 号が世界最初の再使用可能な宇宙往還機となる.



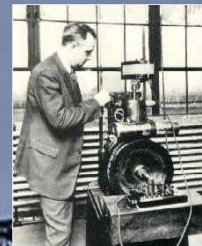
石炭火力発電所



切手になったダイムラーの自動車



アスファルト舗装の道路建設



トーマス ミジリー



接触分解反応器の模型を示すフードリー



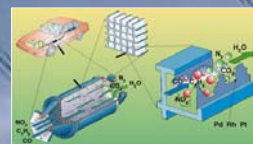
グッドリッチのチューブレスタイヤのポスター



世界最初のシリコン型太陽電池



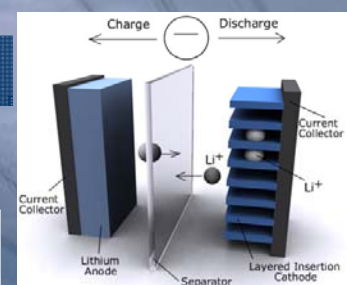
ボーイング 707



触媒排ガス浄化装置の動作原理



スペースシャトル



リチウムイオン電池の動作原理

I. エネルギーと輸送

I.1. エネルギー源

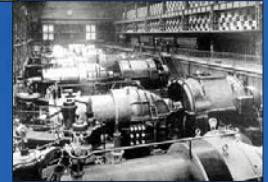
エネルギー源としての石炭の利用

アメリカにおいては1890年代に石炭が薪に代わり主要なエネルギー源になった。1882年には石炭燃焼により発生させた蒸気で蒸気エンジンを駆動して発電機を回転させる方式の最初の発電所が建設された。1884年にCharles Parsons (チャールズ パーソンズ) はこれより効率の高い蒸気タービンを開発した。1920年代までには微粉炭燃焼方式により効率向上と燃焼用空気の減少が図られた。1940年代には灰溶融炉が低品位炭に対して用いられ、灰の排出量が抑制され。最近では、化学技術により炭鉱からの廃棄物を燃焼させ発電する低環境負荷の燃焼法が開発された。



チャールズ
パーソンズ

パーソンズの
蒸気タービン



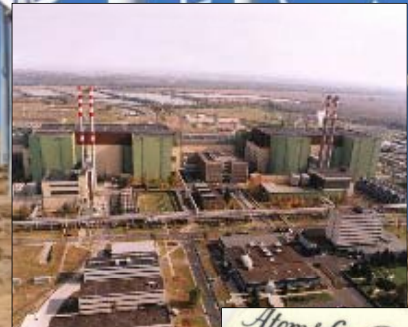
石油探査と生産

1901年のテキサスにおける広大なスピンドルトップ油田の発見と自動車の急速な普及により、1951年までには主要なエネルギー源としての地位は石炭から石油にかわった。原油を精製し別々の組成の成分に分離する化学技術は、常圧蒸留から始まり、減圧蒸留、さらには接触分解技術の導入と絶えず発展してきた。原油の一次回収技術では、化学はドリルやドリルの掘削液、燃料の燃焼と蒸気を用いたシェールオイルの回収法で目覚ましく貢献した。地中への高圧ガス(二酸化炭素)や高圧水を注入する二次回収技術などがある。



核エネルギー

世界最初の原子炉は1942年に軍事用途で開発された。核技術発電等の平和利用に用いることは、1951年のアイゼンハワー大統領の核の平和利用宣言に始まる。原子炉で核燃料として使用される放射性物質の生産、放射性物質から放射される中性子を減衰させることにより核反応を制御する制御棒、使用済み核燃料の処理、核廃棄物の管理、環境保護、放射線の有害な影響を少なくする技術等で、化学は主要な役割を果たした。



代替エネルギー源

風力、水力、地熱等を用いるいわゆるグリーン発電方式は、全世界の発電量の1%以下に過ぎないが、経済性と有用性の観点からその重要性が増している。太陽光発電、太陽熱発電、風力発電機用の軽量なカーボンファイバー製プロペラ、水力発電用のコンクリートと金属製タービン、地熱発電機器用の耐腐食性材料が化学により開発された。

I. エネルギーと輸送

I.2. 電力貯蔵とポータブル電源



炭素-亜鉛電池



使い捨て電池

蓄電池は1700年代後半にAlessandro Volta (アレッサンドロ ボルタ)により開発され、化学は電池の容量の向上に寄与してきた。1890年に発明された炭素-亜鉛乾電池はそれ以前の Leclanché (ルクランシェ) の液体方式の電池より使いやすいものになった。この電池は懐中電灯用に大量生産され、今日においても使用されている。1949年には新しいアルカリ化合物により、電池寿命がのび、電池の小型化が可能になった。このアルカリ電池はすぐにポータブル電子機器やカメラの電源として広く使用されるようになった。それ以来、酸化銀、酸化水銀、リチウムを使用した新しい乾電池が登場した。

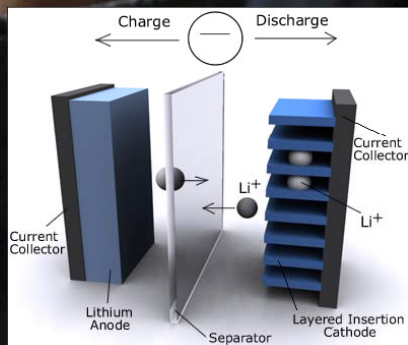


充電電池



充電電池

1859年に発明された鉛蓄電池は、化学反応を制御し、発電する初期の商用例である。1881年に改良され、それ以来現在まで絶え間ない改良が続き、鉛蓄電池は現在でも自動車やトラックの主要な車載電池となっている。1899年に最初に製作されたニッケル-カドミウム蓄電池は高価なため広く使われることはなかった。近年の電池開発はリチウムに集中している。1980年代の金属リチウムを使用する試みが失敗したあと、リチウムイオン蓄電池が現在では普及し携帯電話やノートパソコンの電源として広く使用されている。

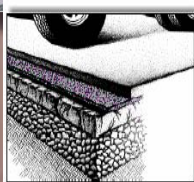
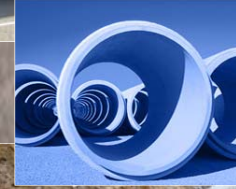


I. エネルギーと輸送

I.3. 道路と橋の材料

コンクリート

1950年代の全米州間高速道路の建設計画は、道路と橋のためのコンクリートの強度と寿命に大きく依存していた。1824年に最初に製造され、後にフランス人のJoseph Monier (ジョセフ モニエル) により1877年に強化コンクリートとして特許化されたポルトランドセメントは、碎石とその他の補強剤の隙間を埋めたセメントが複雑な化学反応のためにゆっくり固化するのが特徴である。セメント製造プロセスを注意深く制御することにより、その耐久力と強度が発揮される。適切な物質のコンクリート混合物への添加により、収縮の減少と耐腐食性の向上が可能になる。

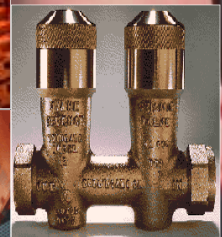
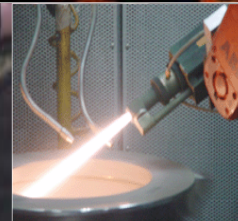


アスファルト

アスファルトは安価なコストと性能から道路舗装材として広く普及している。天然アスファルトは1595年に発見されたが、コールタールと結びつけられることはなく、1902年まで道路の舗装材として使用されることはなかった。石油精製残渣である固形もしくは半固形のビチューメンは、速やかに天然アスファルトに代わる道路舗装材となりました。最近では合成高分子が性能と寿命の向上のため添加されるようになっている。Superpave (SUPERior PERforming asphalt PAVEMENTs、超舗装) は、耐荷重と耐気候性を兼ね備えた超アスファルトにより道路を舗装する最新の技術である。

金属と合金

鉄鋼はその軽量性、強度、寿命、メンテナンスと建設の容易性、低コスト、地震等の自然災害への耐久性等から橋の主要な建設材となった。1990年代に登場した新しい高性能鉄鋼は、卓越した強度と耐腐食性を持っている。その他の橋の建設材としての鉄鋼の保護技術として、アルミニウムや亜鉛を鉄鋼表面に溶射して30年以上の寿命の保護膜を形成する表面加工技術がある。



メンテナンスと補修技術

道路設備はあらゆる種類の気候や年月の経過による重大な劣化を防ぐためには、メンテナンスが必要となる。建設とメンテナンスにおける技術革新により、道路設備の再建設までの期間は長くなっている。コンクリート、アスファルト、鉄鋼の防水剤は道路設備の寿命の延長に効果的である。その他の化学物質や高分子材料はアスファルト舗装道路の性能向上のためのバインダーとして機能する。たとえば、スチレン-ブタジエン-スチレンの添加は、道路上の穴の形成やひび割れを防ぐ。



I. エネルギーと輸送

I.4. 石油化学燃料

原油からのガソリンの製造

原油からのガソリン収率を向上するために、石油精製業では熱分解により重油留分中の大きな分子を切断し、低分子のガソリン成分にするいわゆる熱分解法が初期に導入された(1913年)。しかし高温条件ではガソリン以外の望まない副生物ができるため、より低温の真空蒸留プロセスが1928年に導入された。触媒を使用する接触分解技術は1936年に Eugene Houdry (ユージン フードリー) により発明され、1937年に商用化された。そしてまたたく間にガソリンの画期的製造となった。



石油精製



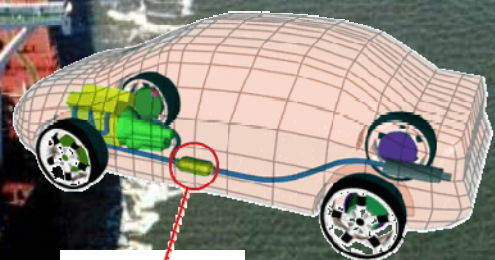
燃料添加剤

初期の自動車エンジンは、劣質なガソリンを使用するとノッキングを起こした。1921年にガソリンエンジンを静かに滑らかに回転させるため、四エチル鉛がガソリンへ添加された。1926年にはガソリンの品質を評価するため、オクタン価が導入された。鉛の添加物の使用は1970年代に環境に配慮して中止された。今日では、少量の化学物質(アルコール類、エーテル類)が、オクタン価の向上、ガソリン性能向上(金属による失活防止)、エンジンの摩擦低減、エンジン寿命の向上(エンジン内の洗浄)の目的でガソリンに添加されている。また、特定の地域では地理的な理由により、たとえば燃料供給管内での凍結防止のためのメタノールの添加等が季節によっては行われている。

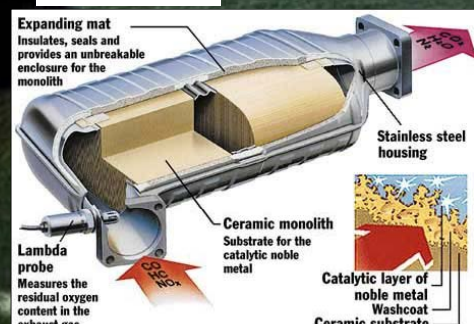


触媒浄化装置

一酸化炭素と炭化水素の排出防止のための2元触媒による排ガス浄化装置が1975年に導入された。すぐに第3の触媒が排ガス中の窒素酸化物の浄化のために加えられた。触媒浄化装置は、白金等の金属触媒の表面で逐次化学反応を生じさせることで、その機能を発揮する。窒素酸化物は窒素と酸素に分解され、一酸化炭素は二酸化炭素に変換され、未燃の炭化水素は水と二酸化炭素に転換される。



Typical Catalytic Converter Location



3元触媒排ガス
浄化装置

I. エネルギーと輸送

I.5. 自動車

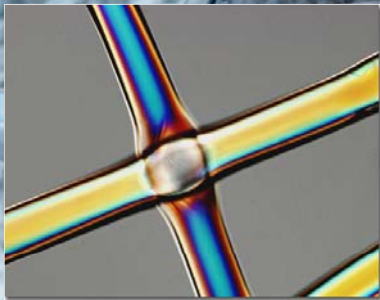
安全と快適性のための先進材料

21世紀の自動車は、乗客の安全性、快適性、デザインの面で初期の自動車とはほとんど類似性がみられない。高照度のディスチャージ型ヘッドランプにより夜間の照明が明るくなった。腐食は特別な材料と防護膜の形成技術により、劇的に改善されている。化学合成の冷却液が閉鎖されたパイプ内を循環している。1914年には自動車用の安全ガラスが導入された。今日では、特殊な高分子膜が表面に施されたガラスは、重量と外部からの騒音を減らすと共に、紫外線とまぶしい光から運転者を保護している。シートベルト(1960年代に装着が義務)やエアバッグ(1996年装着が義務)に使われる高分子繊維は安全に寄与している。



プラスチック部品

化学の進歩により、金属からプラスチックへの材料転換による自動車の重量低減と高性能材料の使用が可能となった。第二次世界大戦後、自動車会社は石油から合成された高分子を、耐久性、硬度、耐候性の面で評価し、構造材料として使用するようになった。1970年代のオイルショック以後、燃費向上のため軽量の材料が金属の補助剤として求められた。押し出し成型による複雑な形状のプラスチックバンパーによる自動車デザインへの応用、退色が少なくまた紫外線に強いポリプロピレン繊維、特殊な塗料と塗装、接着剤等があげられる。



ポリプロピレン繊維

タイヤの技術

天然ゴムの製品は19世紀初期には現れているが、高温や低温の気候により軟化や破碎が起こるため実用的ではなかった。アメリカ人の発明家であるCharles Goodyear (チャールズ グッドイヤー)は1839年、天然ゴム分子の不飽和結合を硫黄に結合させる、天然ゴムの加硫技術を発明した。促進剤や安定剤を加えるものの、この基本技術はいまだに使用されている。1945年には合成ゴムの商業生産が開始された。タイヤの需要が増加し、いろいろな改良が行われた。それまでの全ゴムタイヤに代わり内部にチューブを入れたもの、補強剤としての天然あるいは合成の索、再生タイヤ、そして究極のチューブレスタイヤが登場した。



I. エネルギーと輸送

I.6. 航空機

熱気球

1783年に人類が最初に開放型の火炎により発生させた高温空気で浮力を得る熱気球により空中を飛んで以来、熱気球の技術革新は画期的であった。高温空気の制御が容易であった水素にすぐにとって代わられた。熱気球は人気のあるスポーツとなり、アメリカでは5000人以上の熱気球操縦者がいる。化学は耐久性のある安価で熱に強いナイロン繊維と推進のための液化プロパンの技術に貢献した。



ヒンデンブルグ号の事故
(1937)



ヘリウム

あの悪名高きヒンデンブルグ(Hindenburg)号(1937年)の事故のように、水素を充填した気球は硬式構造ではあったが、水素の引火性の面から危険性を伴う。1905年に二人の化学者がカンザス州のガス田で天然のヘリウムを発見し、突然この希ガスは豊富に手に入るようになった。第一次世界大戦中に化学により、ヘリウムの分離、貯蔵、大量輸送が可能となり、第二次世界大戦中にはヘリウム飛行船は軍隊や潜水艦の周囲の物資補給艦を護衛した。1950年代にはヘリウムはロケット製作中の溶接雰囲気ガスやロケット燃料をエンジンに送り出す推進剤として使用された。

ロケット燃料

1920年代のロケットの最初の発射実験から、1950年代の通信衛星、1980年代の再使用可能な宇宙往還機スペースシャトルまで、人類の宇宙への進出は驚くべき技術上の偉業といえる。宇宙飛行は地球の重力に打ち勝つ十分な速度をロケットが獲得するかにかかっている。液体燃料であるガソリンと液体酸素を酸化剤とする最初のロケットが1926年に発射された。それに続いて、固体や液体の形態の燃料と酸化剤の組み合わせが試された。スペースシャトル自体は液体水素を燃料としているが、打ち上げのためのエンジンはアルミニウムを固体燃料、過塩素酸アンモニウムを酸化剤／結合材として使用している。



航空機とロケットの材料

航空機の設計は木と布から洗練された加工材料を用いるものに進化するにつれ、化学技術は設計上の要求に合致する材料を供給してきた。アルミニウムとチタン合金は航空機材料に要求される、強度、軽量性、高温での安定性、耐腐食性を満足させるために開発されてきた。また、ロケットは特殊な環境で運用されるため、材料に対し特別の要求がある。一例としてスペースシャトル(1980年代)の大気圏再突入時の高温から機体を守るため、機体の特別な位置に配された特殊なタイルがある。特殊なジルコニア複合材が試されたが、最終的には普通の珪砂から得られるシリカ繊維が用いられた。