

自動車 動力源의 開發

Progress of Power

朴 洪 圭
(H. K. Park)

序 言

先進諸國의 自動車會社들은 未來의 自動車 또는 特殊車輛에 利用될 수 있는 可能的 動力源 (powerplant)을 開發하기 爲하여 莫大한 投資와 人力을 들여 끊임없이 調査와 研究를 계속하고 있다.

이는 보다 性能이 優秀한 動力源의 開發에서 비롯되며 近代에 와서는 보편적으로 自動車에 使用되고 있는 gasoline 및 diesel연료에 依한 內燃機關의 問題點 (특히 公害와 石油資源의 限界 및 經濟性)을 解決코저 그 研究가 多樣해지고 있으며 절박한 必要性을 느끼고 있다.

이 分野에 關해 美國 GM社가 研究開發하고 있는 概畧을 보면,

○Unconventional system으로

Turbine, steam, electric, free piston 및 hybrid

○Direct coersion & nuclear power system으로

Thermoelectric power, thermionic power, electrogasdynamics, radioisotope heat source 및 nuclear reactor system

等 基礎科學分野로부터 應用에 이르기까지 광범위한 研究를 하고있다. 다음에 本號에서는 unconventional system中 몇가지 project의 background와 그 概要를 소개코저 한다.

1. GAS TURBINES FOR VEHICLES

Gas turbine engine을 自動車의 動力源으로 使用해보려는 研究는 1950年代初부터 本格化 되었으며 이 分野에서 GM은 괘목할만한 成果를 거두고 있다. 1953年 Firebird 1號 (370HP, non-regenerative gas turbine engine 탑재)을 開發한 以來 2號, 3號를 거쳐 1964년에 GT309 engine (그림 1 참조)을 開發하여 turbo titan III truck 과 turbo cruiser II bus에 搭載成功한 后 바로 生産準備에 들어갔으며 1972년에는 米로소 世界最 初로 市販을 시도했고 最近에는 GM社의 RTX bus 와 Astro 95 highway tractor에 탑재하고 있다. 大型 truck 및 bus에 使用되고 있는 turbine engine의 利點을 보면,

○馬力當 重量이 가볍다.

GT309의 경우 同級 diesel engine重量의 1/2

○Torgue 特性 良好

低回轉에서 Toque가 크다.

○Multi-fuel의 使用可

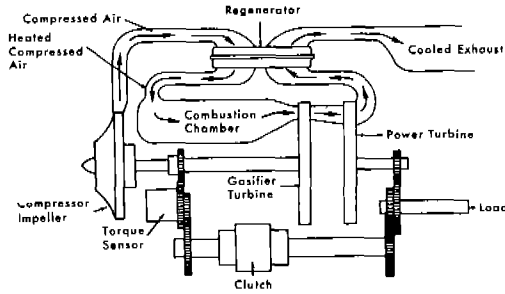
Crude oil 부터 jet engine fuel의 使用可.

○Exhaust emission이 적다.

HC- 3 ppm, CO-0.05%, NO_x 800ppm(9 mode 에서)

○조용하고 振動이 적다

Engine motion이 reciprocating이 아니고 rotary motion임.



280 HP TURBINE SPECIFICATIONS

Rated Power	280 hp	Rated Gasifier Speed	36,000 rpm
Rated Torque	575 lb.ft at 2560 rpm	Rated Airflow	3.9 lb/sec
Max. Torque	1150 lb.ft at 0 rpm (stalled output)	Rated Compressor	
Max. Speed	2850 rpm	Pressure Ratio	3.8:1
Rated Turbine Inlet Temp.	1700°F	Engine Weight	1425 lb. (approx.)
		Engine Dimensions (LxWxH)	45 x 26 x 40"

Schematic diagram shows major components of Detroit Diesel prototype engine.

GT 30P

[그림 1] 280 Hp turbine Specifications

○全天候 운행

Engine始動 및 warm up이 빠르고 혹한에서도 운행可.

最新 turbine engine의 設計上 特點은 regenerative system과 power transfer에 있다.

Regenerator 는 高溫의 배기 gas를 work energy로 recover하는 장치로서 배기 gas를 직접 大氣로 放出시키지 않고 回轉하고 있는 regenerator의 disc에 통과시킴으로써 회수可한 排氣熱의 90% 이상을 recover하고 있다. 또한 disc가 回轉하고 있기 때문에 burner에는 比較的 空氣를 보낼수 있으며 이 結果 연료소비량은 regenerator가 없는 경우의 50%에 不過하며 배기 gas溫度도 200~500°F로 시킴으로써 muffler가 不必要하게 된다.

Power transfer는 계획된 功의 일을 氣化 turbine으로 부터 出力軸에 傳達하며 engine운행은 range에 적합토록 turbine inlet溫度를 安定시 켜준다. 또한 自動車를 감속 시킬경우 구동부를 compressor와 연동시켜 engine brake效果를 내게 하며 이때 제동력의 크기는 一般 piston engine의 2~3배의 큰힘을 내므로 경사면에서의 安全한 주차도 可能케 한다. power transfer의 또 다른 역할은 engine으로부터 돌연 load가 끊어졌을 때 turbine의 over speed를 防止해주는 일이다.

以上 turbine engine의 長點에 關係 살펴 보았

으나 아직도 연료경제성, 生産費等 개선해야 할 點이 남아 있다. 그러나 이러한 問題等은 不遠한 장래에 解決될 展望이 보이고 있으며 特히 座菜用 또는 大型 truck과 bus에는 그 우수성을 입증하고 있다.

2. STIRLING 및 VAPOR CYCLE ENGINE

●歷史的 由來

Stirling engine은 1816년에 當時의 steam engine의 問題點보완을 爲해 發明되었으나 그 理論的 진가란 認識못한채 중단되고 말았다.

GM은 1940年代에 와서 조용하고 小型인 engine 개발에 力點을 두어 오던中 外燃機關의 一種인 stirling engine과 organic vapor cycle engine에 눈을 돌리게 되었으며 발달된 最新의 熱力學的 理論과 보다 좋은 金屬材料, bearing, 潤滑유 및 sealing 技術等에 힘입어 1960年代에 와서 비로소 本格的인 研究開發에 박차를 加한 一名 quite engine인 것이다.

Steam engine도 vapor cycle engine이나 물이 作動流体(working fluid)로써는 부적당하기 때문에 물代身 有機流体을 使用한 것이 organic vapor cycle engine(作動流体로써 弗化水素 例- freon 使用)이며 이는 물의 氷結문제와 engine 潤滑문제를 同時에 解決할수 있는, 利點도 갖고 있다.

●作動原理과 利點

Stirling과 vapor cycle engine 共히 作動原理는 同一한 것으로서 外部로부터 熱을 engine속에서 밀려진 作動流體에 加하면 流體의 팽창이 piston을 움직이므로써 動力을 발생시키는 것이다 (이때 stirling engine의 working fluid는 水素나 helium 使用)

Cylinder內에 폭발연소가 없기 때문에 이 engine은 매우 조용히 作動하며 또한 外部로부터 加하는 熱源은 solar energy, nuclear energy 또는 다른 어떠한 高溫의 熱源을 利用할 수도 있는 利點이 있으며 現在 experimentals에서 쓰고있는 diesel burner에 依한 경우도 거의 完全 연소를 시킴으로써 極小한 engine emission을 기할 수 있는 등 利點을 갖고 있다.

●開發現況과 展望

近來開發한 stirling의 動力發生 過程을 보면 基本的으로 다른 熱機關과 같이 working gas를 차가울때 壓縮하고 뜨거울때 일을 하게 하는 것이며 이때 engine效率에 가장 重要한 것은 加熱한 熱을 냉각계통으로 손실시키지 않고 再生시키는 장치모써 metal mesh regenerator인 것이다.

따라서 近來의 研究는 heat transfer와 regenerator의 改良에 집중되고 있으며 이미 stirling engine의 熱力學의 效率는 最新의 內燃機關보다 우수해졌고 vapor cycle engine보다는 2倍以上에 이르게 됨으로써 vapor cycle engine의 계속적 연구의 가치를 상실케 하고 있다.

現在 2~400HP까지의 各種 engine을 試驗하고 있으나 아직 實用化段階에는 이르지 못하고 있다. 그러나 emission level이 적고, engine效率이 높고 出力이 크며 조용한 作動 特性을 갖고 있기 때문에 장래가 촉망되는 engine인 것이다. 또한 特記할만한 것은 熱源으로써 stored heat, radioisotope heat 또는 비연소에 依한 熱源을 利用할 경우 排氣gas가 없어지고, 一般연료를 공급하지 않아도 되기 때문에 우주선 또는 水中 推進體의 動力源으로써 利用할 수 있는 特點을 갖고 있다.

3. ENERGY STORAGE SYSTEM과 STIRLING ENGINE

Gasoline과 空氣는 많은量의 energy를 갖고 있는 하나의 chemical energy storage system인 것이다.

그러나 空氣가 없는곳 (宇宙 또는 水中)이나 또는 公害의 理由로 연소가 허용되지 않는다 할 경우에는 다른 형태의 energy system이 必要하게 되는 것이다. 따라서 最近에는 石油과 空氣以外의 energy system, 即 電氣, 熱, 機械의 system 또는 다른 化學的 system에 依한 energy system 開發에 집중 研究를 하고 있다.

● Stirling engine과 heat converter

推進力으로 利用할 수 있는 heat energy system개발에 많은 研究를 계속하고 있는데 이때 저장된 energy는 일로 바뀌어야 하기 때문에 全體的인 system선정에 있어 가장 重要한 고려要素는 conversion system인 것이다.

外燃機關인 stirling engine은 어떠한 外部熱源에 依해서도 作動可能하며 또한 conversion efficiency가 다른 外燃機關보다 월등히 높다. 따라서 stirling은 저장된 熱이나 化學的 energy로부터 熱을 발생시켜 일로 전환시키는 매력적인 energy converter로써 생각하게 되었다.

[그림 2]의 表는 完全한 conversion system을 전제로 했을때 各種 source別 energy 저장용량과 出力容量을 보여주고 있으며 특히 주목할 것은 化學 및 熱 system이 電氣나 機械의 system보다 월등한 利點을 갖고 있다는 點이다. 따라서 GM의 研究陣은 thermal system을 使用한 stirling engine을 개발 착수하게 되었다.

다음에 experimental stirling에 使用하고 있는 thermal system을 보면 熱源으로써 molten lithium fluoride salt를 利用한 heat battery를 개발 使用하고 있으며 또다른 heat battery로써는 酸化 Al을 利用한 것으로 이 engine은 一名 Alumina stirling engine이라고도 한다.

이 system의 設置 개요를 보면 질소 gas를 加熱된 alumina pellets가 들어있는 tank에 통과시켜

	Watt-Hours per Pound		Watt-Hours per Cubic Inch	
	Stored Energy	Energy Output	Stored Energy	Energy Output
-- Conversion Efficiency 40% (using Stirling engine) --				
Lithium + Freon 114 chemical reaction	1345	540	46.5	18.6
Lithium Fluoride with phase change 800°F - 1700°F	240	96	15.2	6.1
Aluminum Oxide sensible heat 800°F - 2100°F	117	47	16.7	6.7
-- Conversion Efficiency 90% --				
Silver Zinc Battery	45	40.5	2.6	2.4
Lead Acid Battery	10	9	0.75	0.68
Flywheel	8.3	7.5	1.66	1.5
Compressed Gas	7.8	7.0	0.335	0.30

[그림 2]

窒素 gas를 加熱하고 이 加熱된 gas를 stirling에 순환시켜 engine을 約 1,200°F로 가열 動力을 발생시키며 또한 tank를 recharge하는에는 自然 gas를 연소시켜 alumina를 再加熱하게 한다.

이 試驗結果(CALVAIR-experimental car) engine 效率面에서는 成功的인 成果를 거두고 있으나 一般自動車에 使用하기에는 이 장치의 重量이 무겁고 제조비가 비싸기 때문에 아직도 實用化段階에는 이르지 못하고 있다.

이 以外에도 energy저장장치로써 研究되고 있는 것은 lithium-fluoride system, 과 alkali metal 과 halogen gas와의 反應에서 生成되는 heat system에 關係해서도 많은 研究가 계속되고 있다.

4. ELECTRIC VEHICLE POWERPLANT TECHNOLOGY

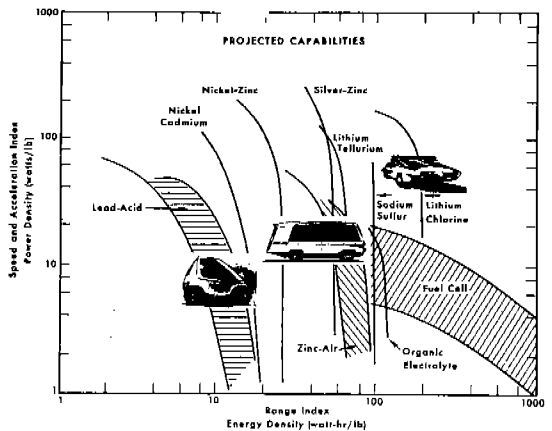
Battery나 fuel-cell이 一般自動車의 動力源으로 使用되기 爲해서는 다음의 두가지 特性이 要 望된다.

○High power density, or power-to-weight ratio 이는 오늘날의 一般自動車에 要求되는 加速性과 走行性能을 充足시킬수 있는 要件이고

○High energy density, or energy-to-weight ratio는 充分한 traveling range를 주기 爲한

要件인 것이다.

이러한 必要條件을 充足할수 있는 single battery나 fuel-cell powerplant로써 現在 有望視 되고 있는것은 silver-zinc와 高温 alkali-metal battery라고 볼 수 있다. (그림 3 참조).



[그림 3] Projected Capabilities

그러나 silver-zinc battery는 生産費가 엄청나고 高温 alkali-metal battery는 아직도 개발 단계로써 實用化 되기까지는 尙后 數年이 더 걸릴 것으로 予想된다.

然이나 발달된 最新의 電子裝置를 利用 中間段階로써 다음의 concept를 구상할수 있으며 이

는 매우 實現性이 높은 動力源이 될 것으로 보여진다. 即 power density가 높은 하나의 動力源과 energy density가 높은 또하나의 動力源을 병합 使用하는 것이다. 이러한 組合은 特殊目的 車輛에는 매우 적합한 것이며 또한 이런 段階을 통한 經驗과 研究을 거듭 함으로써 不遠한 將來에 모든 一般車輛에 적합한 electrical power-plant가 開發될 것으로 고려된다.

● Electric vehicle system

電氣自動車의 system別 區分을 한다면 다음 세가지로 들 수 있다 (그림 4 참조).

Single battery all-electric system

Electrically coupled hybrid system

Mechanically coupled hybrid system

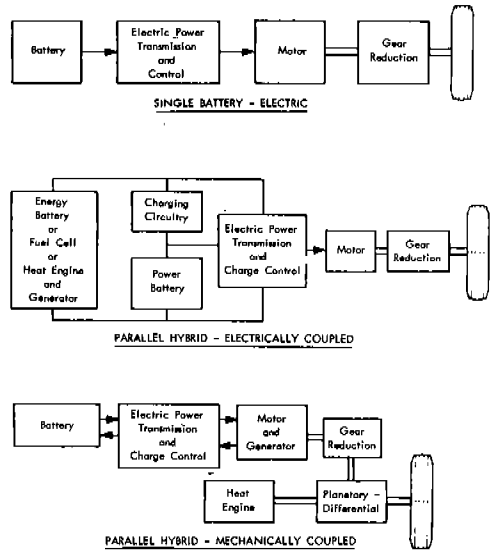
1) Single battery all-electric system

이 system開發을 爲한 experimentals으로써 battery를 動力으로 한 electrovair(그림 5 참조)와

Weight	3,400 lbs
Performance 0-60mph	16 sec
Top speed	80 mph
Range	80 miles
Battery	silver-zinc 286Ea

fuel-cell을 動力으로 한 electrovan(그림 6 참조)이 있다.

Weight	7,100 lbs
Performance 0-60mph	30 sec.
Top speed	70 mph



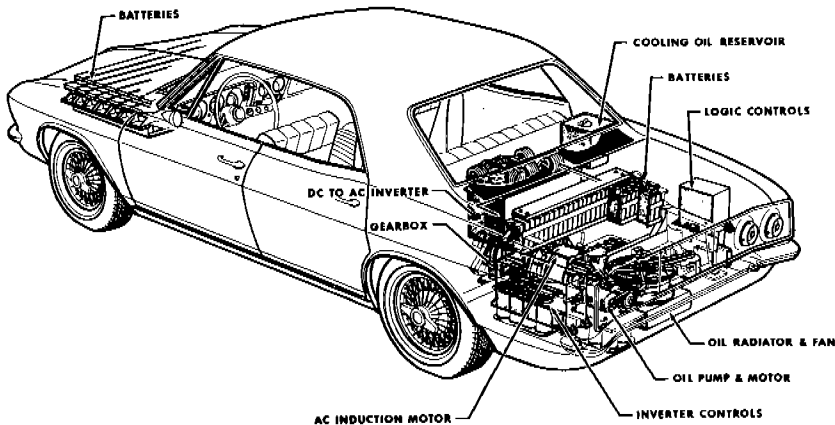
(그림 4) Electric vehicle system under study

Range	150 miles
Fuel-cell	electrode 32, 160kw/peak

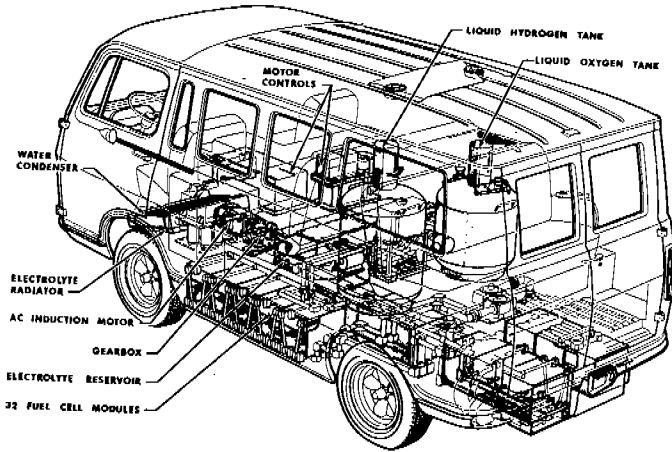
그러나 앞에서 說明한바와 같이 아직도 自動車의 動力源으로써 적합한 single battery가 없기 때문에 現時點에서는 오히려 아래에 소개하는 hybrid system이 向後 數年間은 自動車用 動力源으로써 적합한 것이라는 주목을 받고 있다.

2) Electric coupling

電氣적으로 연동된 이 hybrid system은 두개의 動力源을 병렬로 使用하고 있는데 하나는



(그림 5) Cutaway view of general motors electrovair 2



[그림 6] Cutaway view of electro van

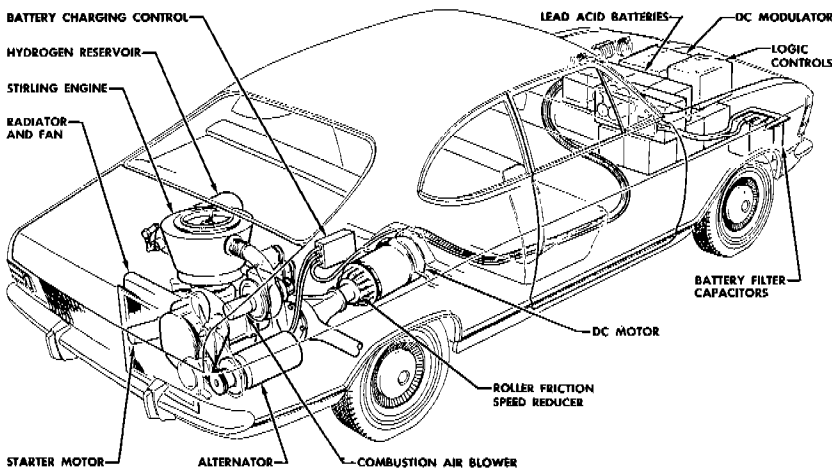
power battery로써 加速을 爲해 단속적으로 peak power를 공급하는 것이며 또 다른 하나의 動力源 (battery, fuel-cell 또는 heat engine이나 generator set일수도 있다)은 power battery를 充電하고 road-load operation을 爲한 energy를 공급하는 데 쓰인다.

이와같은 理論을 전제 했을때 lead-acid나 nickel-zinc battery (power density는 좋고 energy density는 限定되어 있음)는 power battery로써 적합하며 fuel-cell, zinc-air 또는 organic electrolyte battery는 energy reservoir로 적합하다고 볼수 있다. 또한 nickel-cadmium battery도 理

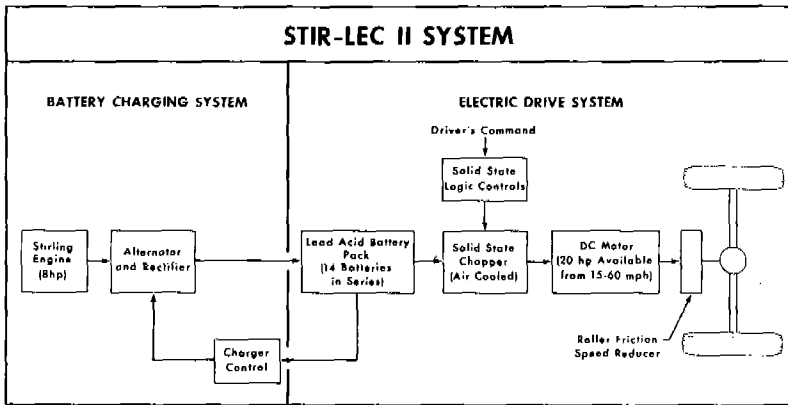
論上으로는 power source로써 적합하나 silver-zinc와 같이 경제성이 문제인 것이다.

Experimental model로써는 stir-Lec II (stirling-engine battery powered)로써 stirling-electric hybrid car 라고도 불리운다. power battery에 依해 motor가 구동되고 stirling engine은 power battery를 充電하게 되어있다 [그림 7, 8 참조]

Weight (2人승차시)	3,250 lbs
Acceleration 0-30 mph	8.5 sec.
Top speed	60 mph
Range (5 gal tank)	150 miles



[그림 7] Stir-Lec II



[그림 8]

3) Mechanical coupling

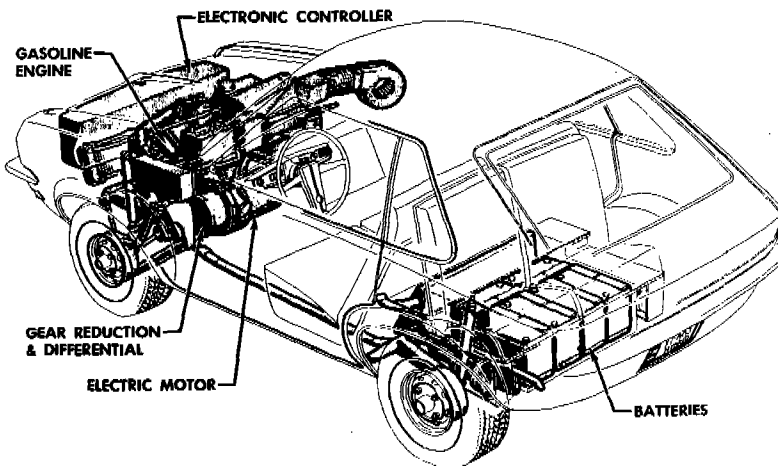
機械적으로 運動된 이 hybrid system은 power battery는 electric motor에 power를 공급하며 이 motor의 output unit는 內燃機關 또는 external combustion heat engine과 differential로써 運動되어 있다.

여기에서도 power battery는 (lead-acid, or nickel-zinc) 限定된 여건하에서는 (limited performance and traveling range) 순電力으로 power 와 energy를 공급하고 heat engine은 必要에 따라 performance를 보완하고 走行 range를 연장

하는데 利用된다. 이때 heat engine이 full power 以下에서 作動될때는 自動적으로 generator를 가동시켜 power battery를 再充電 할 수 있도록 되어 있다.

Experimental model로써는 XP-883, gasoline-electric hybrid car가 있다(그림 9 참조).

Weight	2,100 lbs
Top speed	60 mph
Acceleration 0-40 mph	12 sec.
Battery	72 volt system
Engine	2 cyl. opposed, water cooled 35cu. in.



[그림 9] XP-883 Hybrid

以上 電氣自動車의 動力源, system에 關係 스 개 하였으며 다음에 車輛 class別로 現況과 展望 을 요약해 보면,

○High performance vehicle

General purpose vehicle 또는 family car 로써 必要條件을 充足할 수 있는 electric powerplant 개발에는 아직도 많은 문제점이 남아 있다. nickel-zinc battery와 機械的으로 連動된 hybrid 가 比較的 이 캐다고리의 必要條件을 充足시키 기 始作하고 있으며 高溫 alkali-metal battery 는 理想的이나 기술 개발단계이다.

○特殊目的車輛

Commutor car, bus 및 delivery van은 zinc-air battery가 有望視되고 있고 現在 研究 개발중이 있는 機械的 再充電方法이 성공되면 획기적 발 전을 가져올 것이다.

○Low performance vehicle

走行거리가 짧고 低速으로 운행되는 urban shopper나 utility car에 알맞는 powerplant 로써 는 lead-acid를 power battery로 하는 hybrid와 nickel-zinc or air battery 에 依한 single elec- tric powerplant가 유망시 되고 있다.

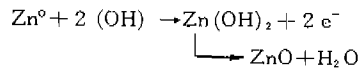
●Electrochemical energy converter

Power 및 energy density, 作動特性, 價格, 安

全性, 용적, 신뢰도 및 耐久性等 自動車 動力 源으로써의 必要條件을 充足할 수 있는 energy converter를 開發하는 것은 곧 理想的인 電氣自 動車 開發의 key라고도 볼 수 있다.

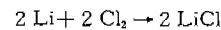
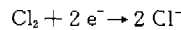
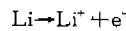
많은 元素들이 電氣化學的 反應으로 電力을 발생시킬 수 있으나 아직도 위와같은 條件을 充 足시킬 수 있는 어떤 元素들의 combination도 찾 지 못하고 있는 것이 事實이다. 아래表 [그림9] 는 그간 調査 研究된 몇가지 energy converter 의 特性比較表이며 그중 장래가 豫망되는 것으 로써는

○Zinc-air battery와



(Electrolyte-水成 KOH 使用)

○Lithium-chlorine cell 등이 있다.



(moltem salt battery의 一種으로 Fused Li-Cl₂을 electrolyte로 使用)

- 繼續 -

參考문헌 : GM Research Lab. Report

Converter	Major Interest	Attractive Features	Problem Areas
Lead-Acid	Power characteristics	Excellent power density Compactness Economics and durability	Poor energy density Recharge time Poor power at part charge
Nickel-Zinc		Excellent power density Good energy density Promises good rechargeability	Limited cycle life Rechargeable zinc electrode
Nickel-Cadmium		Excellent power density Fair energy density Good cycle life Good rechargeability	High cost materials
Zinc-Air	Energy characteristics	Good power density Good energy density Low cost materials	Very limited cycle life Rechargeable zinc electrode
Organic Electrolyte		Excellent energy density Promising economics	Poor power density Durability unknown Rechargeability
Fuel Cell		Excellent energy density Rapid refueling Use of current fuels	Poor power density High cost materials Size and complexity
Sodium-Sulfur	Power and energy characteristics	Excellent power density Good energy density Promises good rechargeability	High-temperature operation Materials compatibility Durability unknown
Lithium-Chlorine		Excellent power density Excellent energy density Promises excellent rechargeability	High-temperature operation Materials compatibility Durability unknown

[그림10.] SEVERAL ELECTROCHEMICAL ENERGY CONVERTERS UNDER INVESTIGATION