

マグネシウム・エネルギー社会の到来

東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

矢部孝

温暖化防止
二酸化炭素(CO₂)排出抑制

水資源確保

エネルギー源確保
自然エネルギー(無尽蔵)活用

2025年までに
30億人分水不足

20万ton/日x2万基
500-1000億円/基
必要電力 9兆kWh/年

石炭・石油年間消費量=100億ton



世界の年間電力量 18兆KWh = 太陽光受光面積 約1万km²
(2005) サハラ砂漠 860万km²

日本の年間平均日照時間は4時間/日

残りの20時間のエネルギーをどうするか

サンベルト地帯で受けた太陽エネルギーの輸送は？

輸送・貯蔵媒体は、数10億 ton 規模が確保できる
ものでなければならない。=> Magnesium
海水中に1800兆ton、砂漠にも豊富



どうやって電気を蓄える

Electra Holdings Co.Ltd. & Tokyo Inst. of Technology



太陽電池

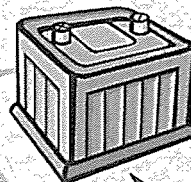
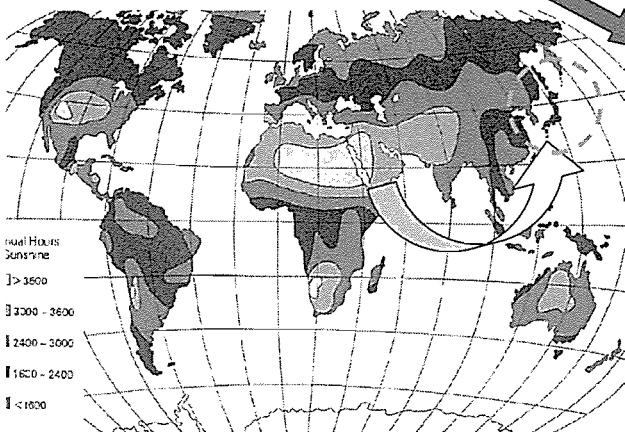
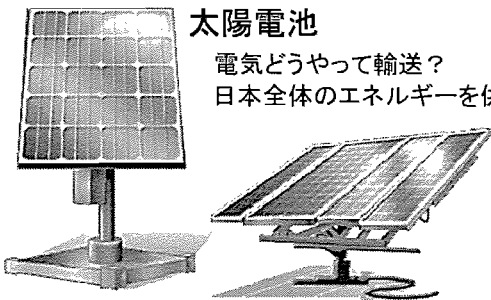
電気どうやって輸送？

日本全体のエネルギーを供給するには 国土の60%が必要

エネルギー安定供給には10日間の予備が必要

太陽電池30%効率として

エネルギー消費量石油5億6千万トン=5600億x44MJ (1)
年間太陽エネルギー 3650MJ/m² (NEDOデータ)
(1)に必要な面積=5600億x44 / (3650x0.3)=225億m²
=2万2500km²
=日本国土37万8千km²の 6%
全耕地面積 =4万6000km²



蓄電材料(運搬可能)
>数十億トン必要

石炭・石油
毎年100億トン使用





○ 2050年には現有埋蔵量の数倍の金属資源が必要になることが見込まれている。

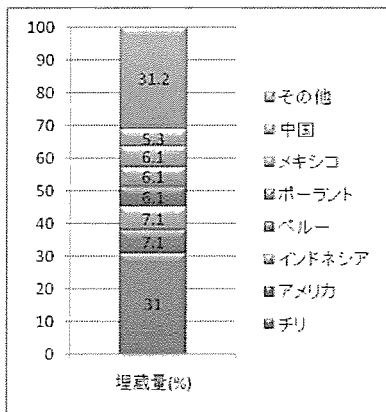
現有埋蔵量に対する2050年までの累積需要量

(現有埋蔵量を1としたときの各金属の累積使用量と埋蔵量ベースの量)

2050年に現有埋蔵量をほぼ使い切るもの: 鉄、白金、タングステン、コバルト、パラジウム、モリブデン

2050年までに現有埋蔵量の倍以上の使用量となるもの: ニッケル、マンガン、リチウム、インジウム、ガリウム

2050年までに埋蔵量ベースをも超えるもの: 銅、アルミニウム、鉛、亜鉛



世界中を網目で結ぶための

銅線の銅がない

超電導材料がない

推定:約4億9千万トン(純分)

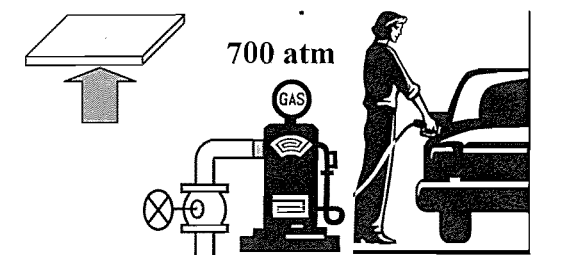
水素社会は本当に実現可能か



1気圧 = 10トン/m²

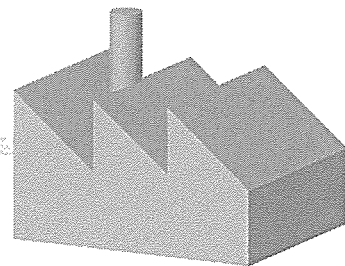
LPG : 8.6気圧, 20Cで液化

H₂ : 液化 < -250C



メタン CH₄などからの水素生成
CO₂ や COを排出

1軒のガスステーション
33,000 m³ の水素タンク必要



ガソリン
10m³
200台の車用

火力発電所 1基分
10m x 1km² 水素タンク必要
一日分でも!!!

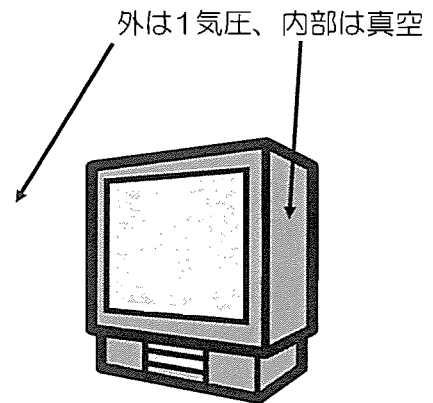
1km



ブラウン管にはどのくらいの力がかかっている？

1m四方の表面 10 ton!! =1気圧の差

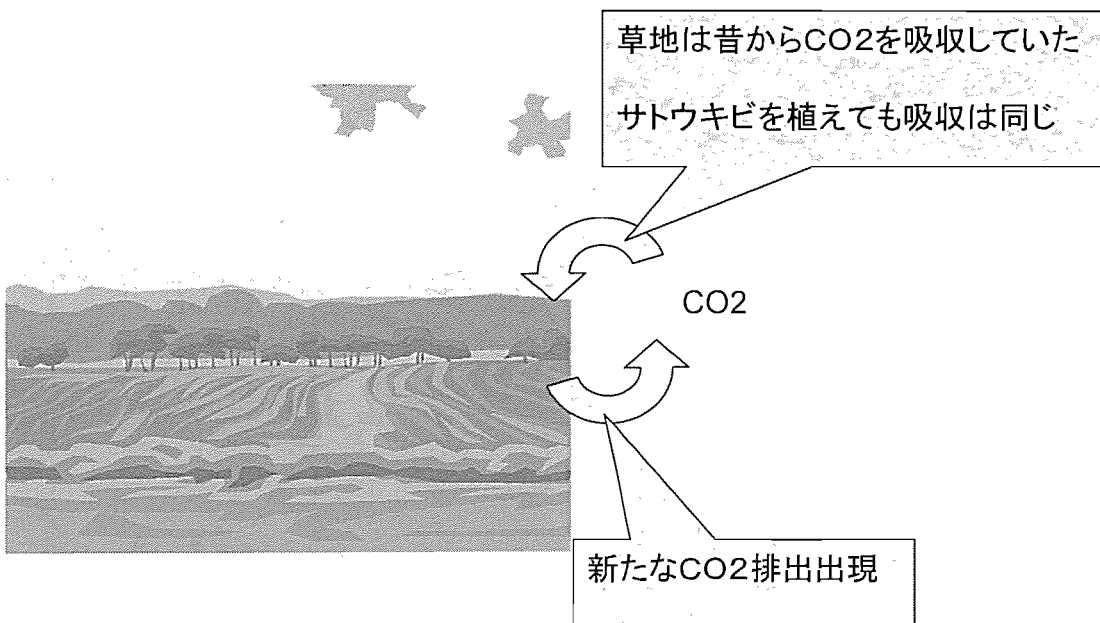
700気圧のTankでは、7000ton/m²

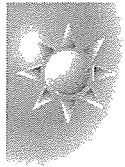


空気は重い

1m立方の中に入っている空気の重さは？

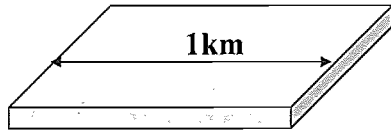
1kg





100万kWのエネルギーを1日分蓄えるには

高さ10mの容器では

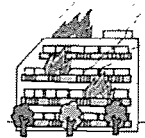


15m

Magnesium

安全性

固体状態では650度C以下では発火しない



長期保存

大気中で10年以上貯蔵可能

発電能力

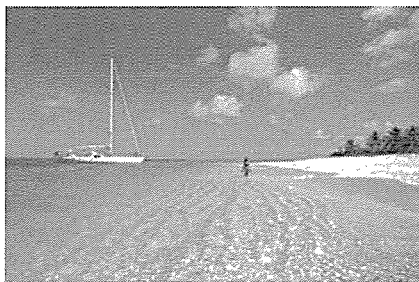
マグネシウム燃料電池はリチウムイオン電池の7倍、燃焼熱は石炭並み

埋蔵量比較

リチウム 410万トン
亜鉛 4億トン
アルミ 150億トン
鉄 8千億トン

石炭石油毎年100億ton使用

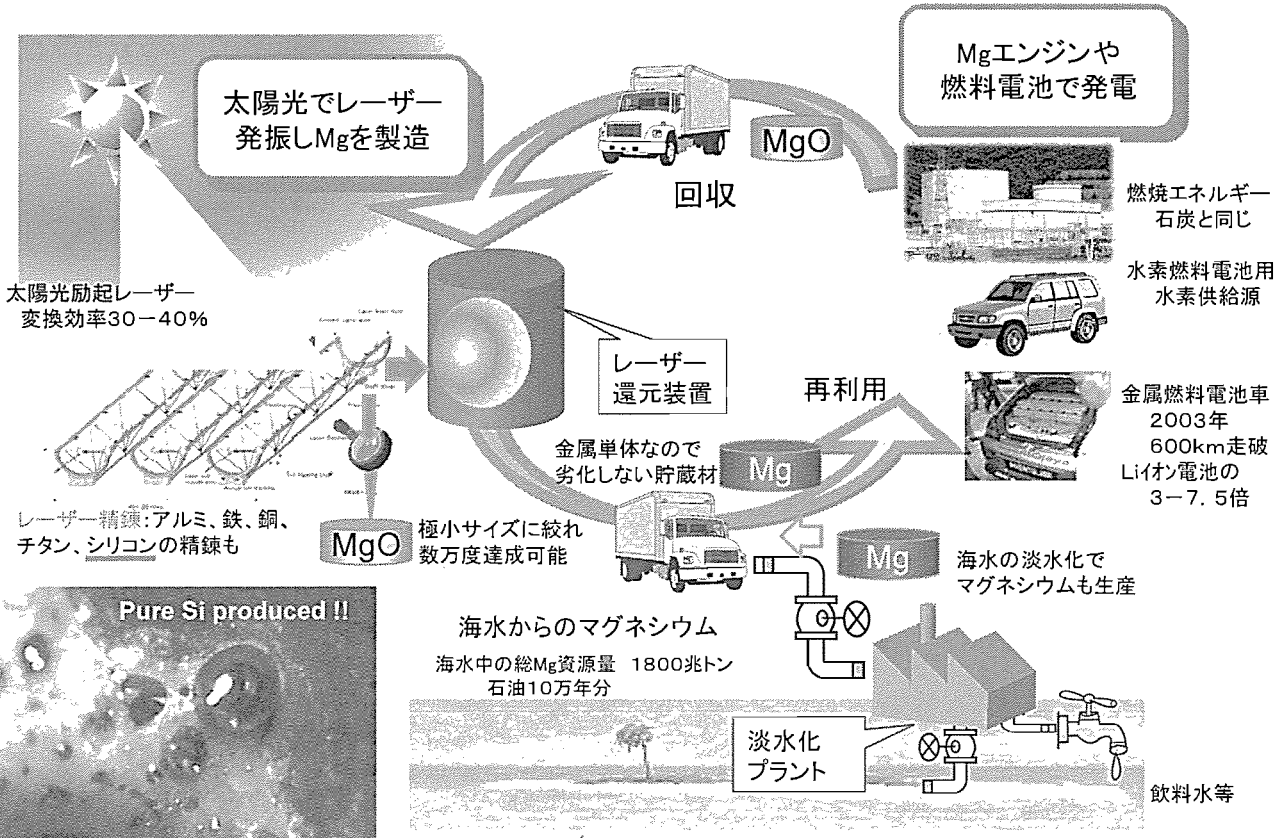
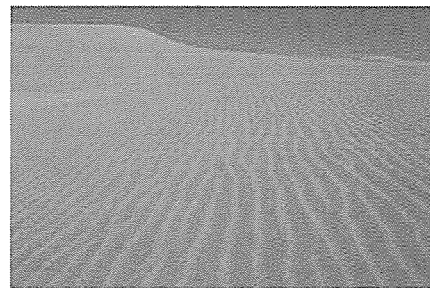
資源1: 海水中1800兆ton
= 石油10万年分

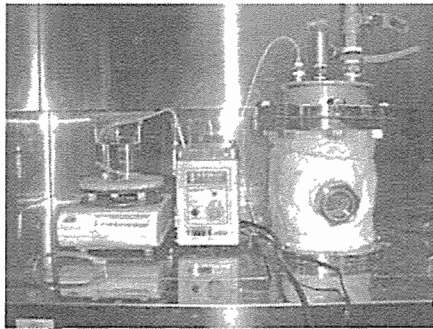


豆腐のにがり



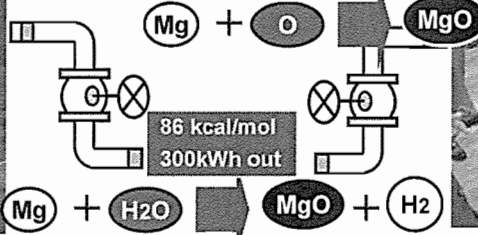
資源2: 砂漠の砂にはMgCl2



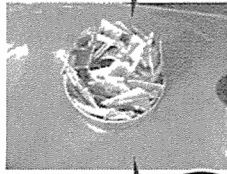


水素燃料電池
家庭用

金属燃料電池
自動車、船舶



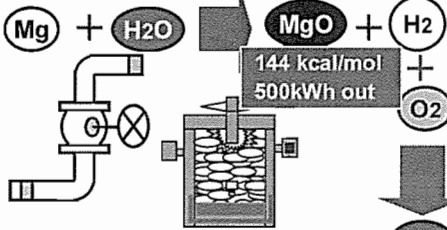
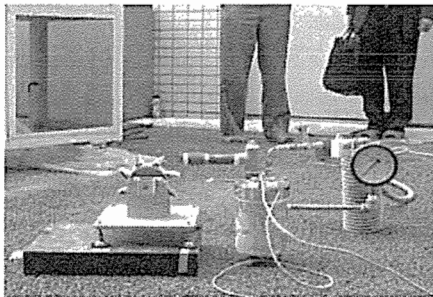
Mg 100g, 2L容器で1kW、40分



Sadeg Faris
524km 走行
2003ギネス記録



3分間で燃料交換
燃料はコンビニで、
インフラ不要



燃焼タービン
高出力、大出力、発電所

リチウムイオン電池	200 Wh/kg
Zn燃料電池	500 Wh/kg
Mg燃料電池	1500 Wh/kg
Al燃料電池	3000 Wh/kg

MeVictory Car

Successfully Extended the range
To another Guinness Record

Time: Oct. 11, 2003 / Location: Malaysia

Distance Record: 524 KM

System: Zn-Air (refuelable) / NiZn hybrid

Vehicle: Modified Honda Insight



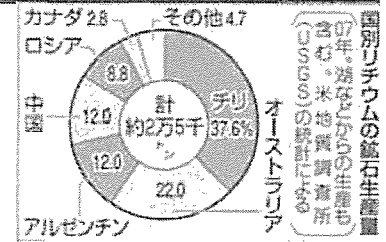
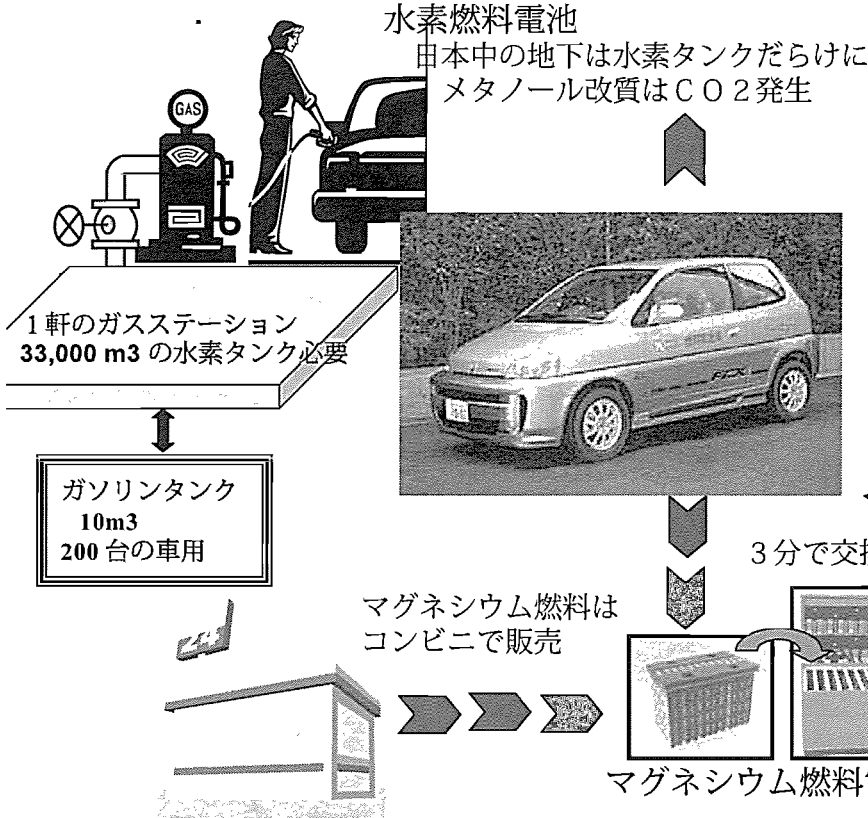
CERTIFICATE

Associated Honda Insight car called MeVictory and powered by metal fuel cells drove a distance of 524 km (325.5 miles) around the world in and around Kuala Lumpur, Malaysia, on 11 October 2003 without refuelling or recharging. The car was produced by InventQjaya.

GUINNESS WORLD RECORDS LTD



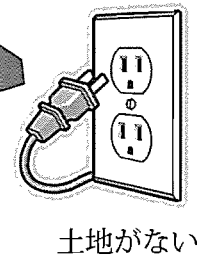
evionyx



リチウム電池最高性能として
(現状の50倍)

世界車台数 9億台
必要リチウム 780万トン
現状では 3.9億トン
可採資源量 410万トン

海水1kg中
Li = 1.7x10⁻⁴g Mg. 1.3g



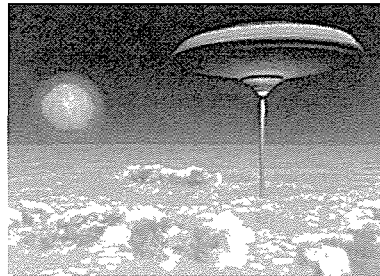
JOSHUA KAGAMI: APRIL 30, 2010

ARPA-E Announces \$106M in Futuristic Projects

Biofuels from electric currents, novel battery approaches, and advanced carbon capture mechanisms are the winners.

The Department of Energy announced \$106M today in funding for 37 experimental projects that could radically change the ways that we think of "alternative energy." These projects encompass 17 states. More than half of the recipients are universities. Funded via the "Advanced Research Projects Agency-Energy" (ARPA-E), the projects focused on three areas:

1. "Electrofuels" -- a fourth-generation process that utilizes organisms that can extract



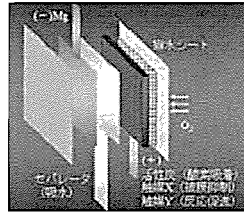
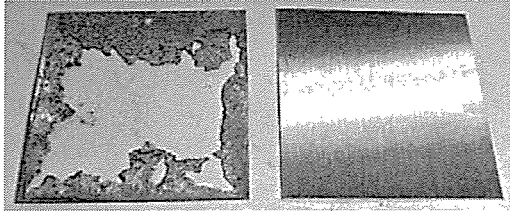
DOE 米国エネルギー省
Advanced Research Project
Agency-Energy

ARPA-E マグネシウムイオン
電池メーカーに
3.2M\$ 投資

トヨタ
マグネシウムイオン電池
特許2009年公開

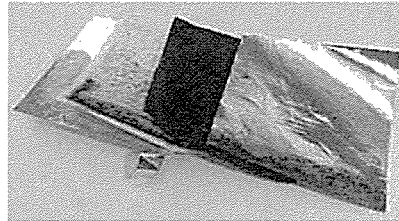
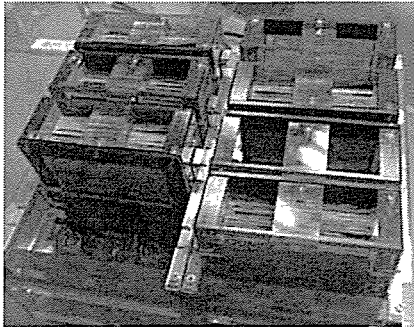
Batteries for Electrical Energy Storage in Transportation ("BEEST")

Pellion Technologies, Inc. - \$3.2M - the project will develop an inexpensive, rechargeable magnesium-ion battery for electric and hybrid-electric vehicle applications. Computational methods and accelerated chemical synthesis will be used to develop new materials and chemistries.



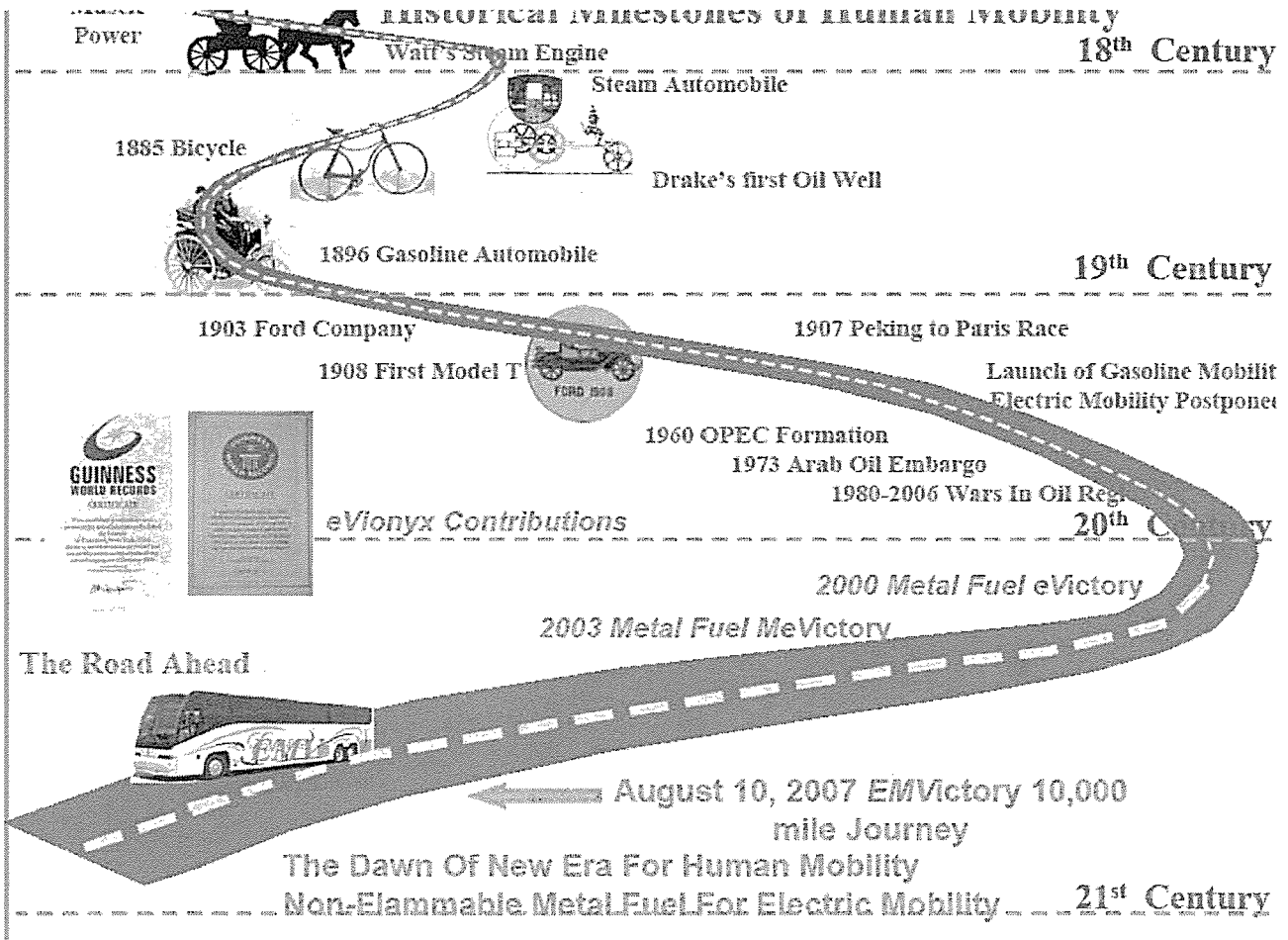
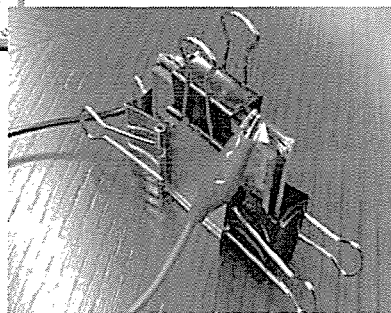
2年前
水電池と呼
んでいた

(株)TSC 5月より
Mg空気電池販売開始
Liイオン電池の10倍
Mg消費90%効率



従来の批判：Mgは酸化皮
膜が出来、すぐ性能が落
ちる

=>酸化皮膜が自動的
に融解する溶媒を
付加

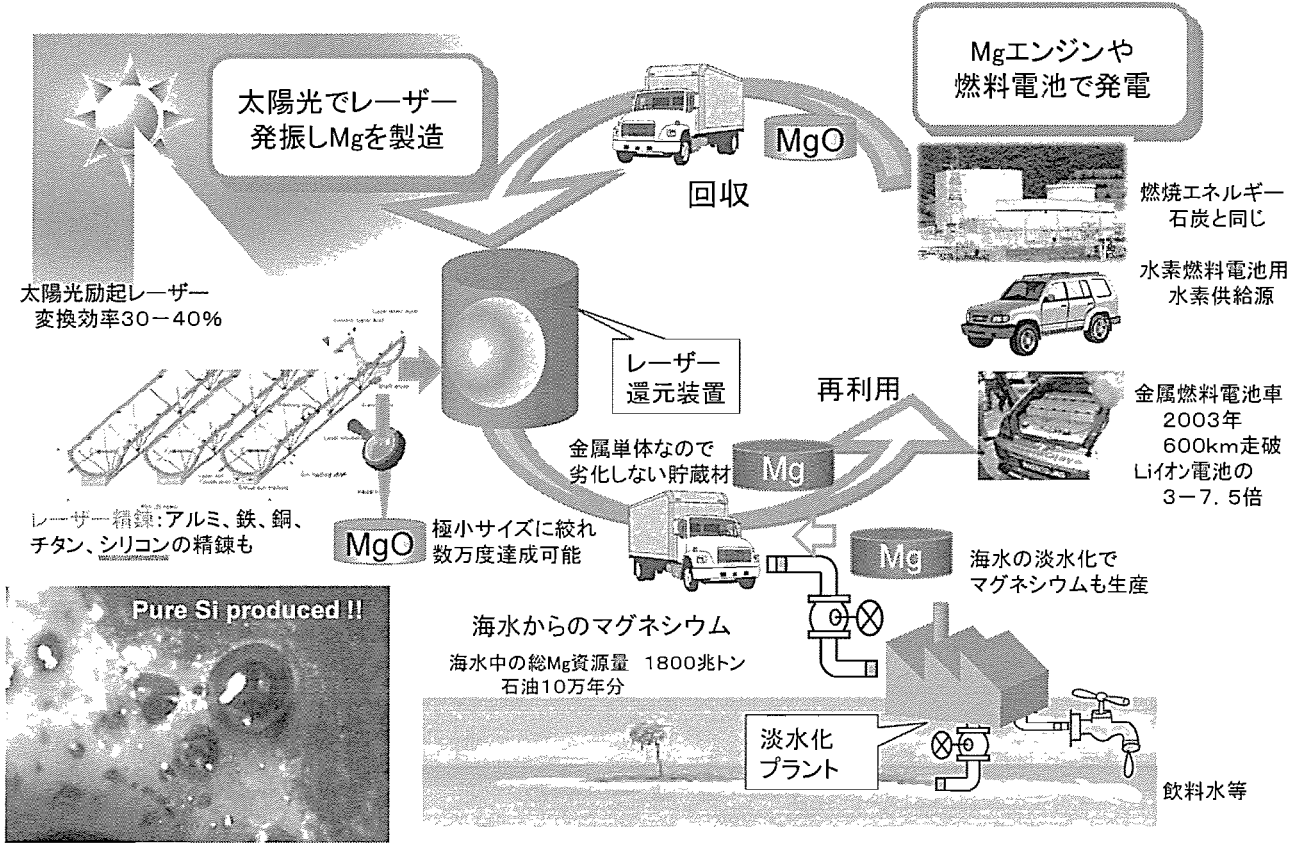




太陽のエネルギーをマグネシウムで蓄える

Electra Holdings

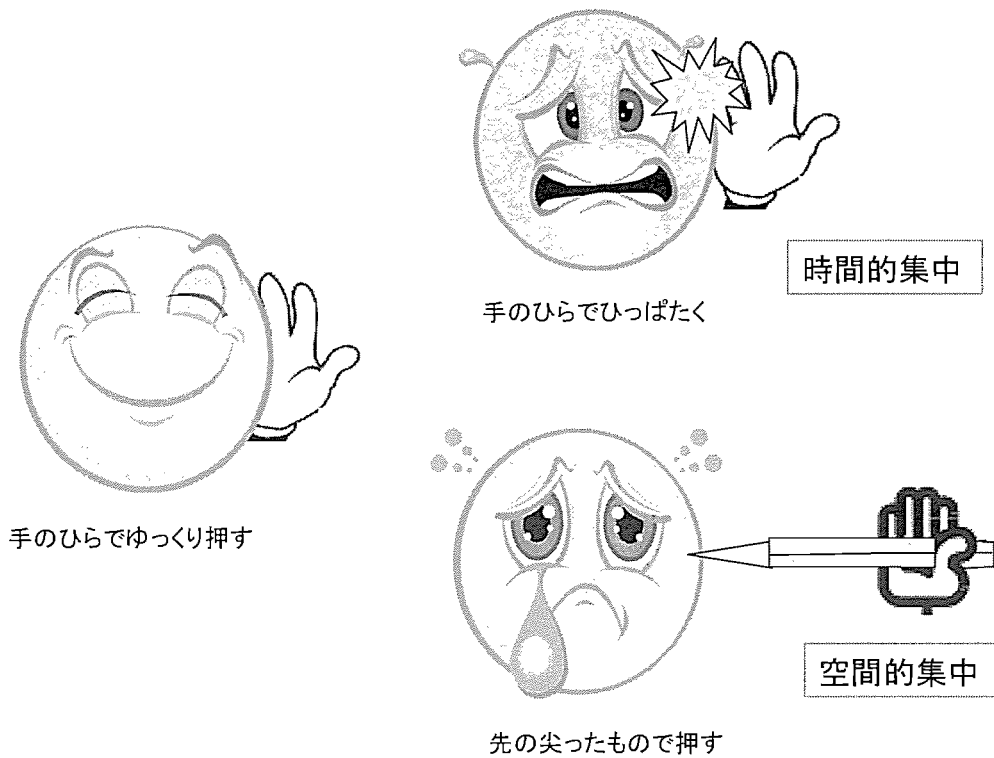
Electra Holdings Co.Ltd. & Tokyo Inst. of Technology

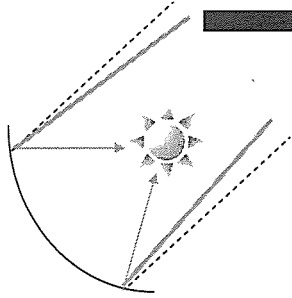


レーザーは時間空間的に集中できる

Electra Holdings

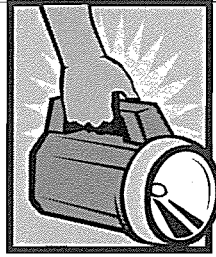
Electra Holdings Co.Ltd. & Tokyo Inst. of Technology



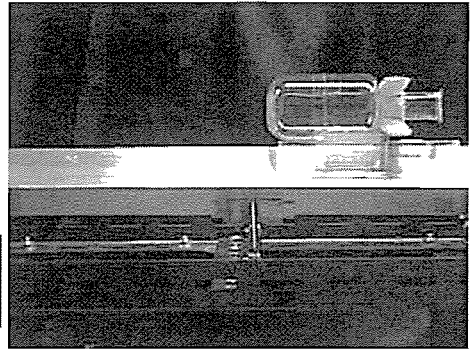


2mの鏡では太陽像は2cm!!

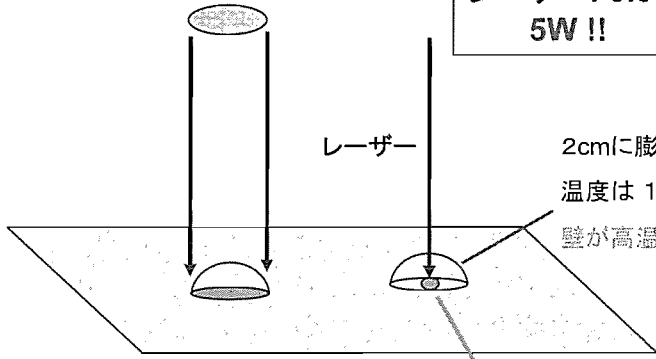
懐中電灯 3W



重さ 80g



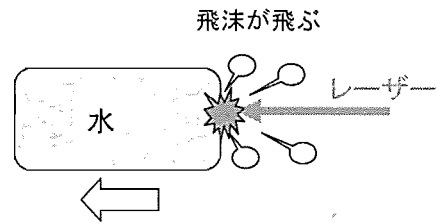
レーザー: 0.5 J, 10Hz
5W !!



2cm 径 加熱
温度100度

2mm 径 局所加熱
温度1万度
出来たMgはその場から移動

2cmに膨張すると、
温度は100度に低下
壁が高温になることはない

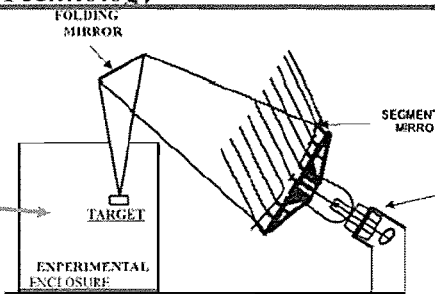


飛沫が飛ぶ
飛沫と反対方向に物体が動く
(ロケットと同じ)

太陽光励起レーザーの夜明け



- Young (1966) NRL 1W cw レーザー 61cm $\phi=280W$
 - Krupkin et al. (1993) 500W 660m² = 600kW
 - Lando et al. (2000, 2003) 45W 6.8m² = 6.8kW \rightarrow 6.6W/m²
- 総合効率 0.7% Nd: 7% 集光効率: 10%



Solution 1

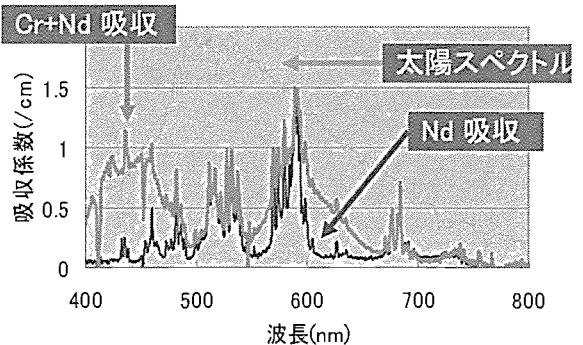
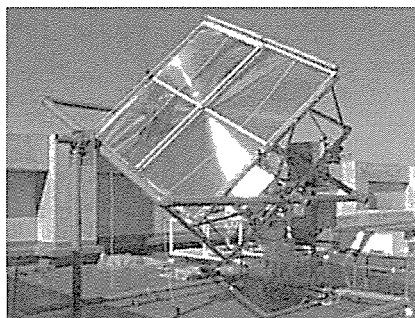
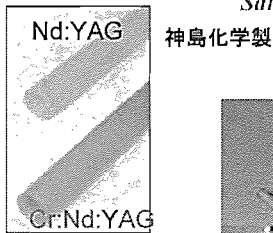
独: Neodym ネオジウム
英: Neodymium ネオジミウム

Cr+Nd YAG セラミックレーザー *Hesue, Yoshida, J.Am.Ceramic Soc. 1995 (a)*

メタルハライドランプからレーザー 42%

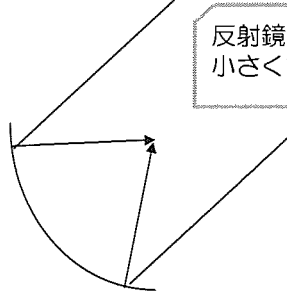
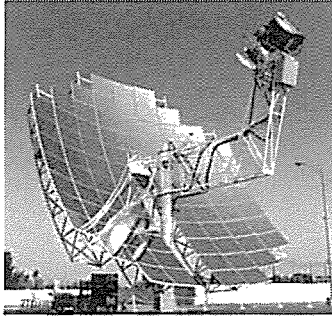
Saiki, Uchida et al., (2005)

ルビー=酸化アルミニウム

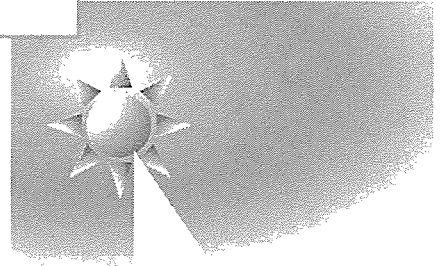


Solution 2

フレネルレンズ
集光効率>80%

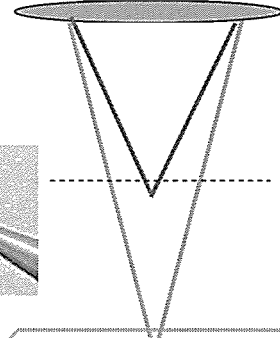
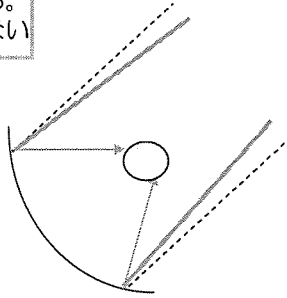


反射鏡は色収差がないので、小さく絞れる

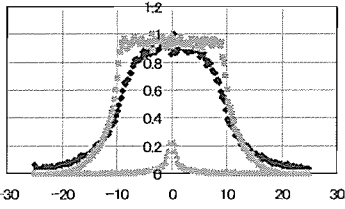


太陽光は平行光線ではないので、限界がある。太陽像以下にはできない

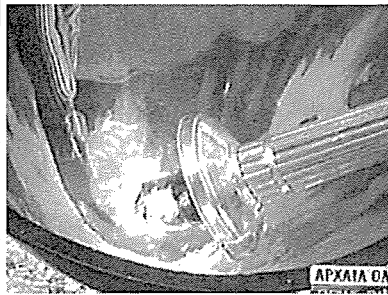
しかし



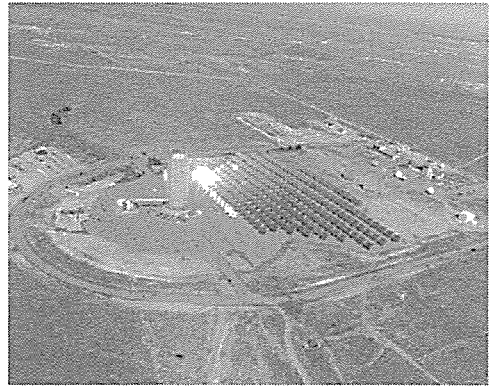
レンズは色収差があるから絞れない



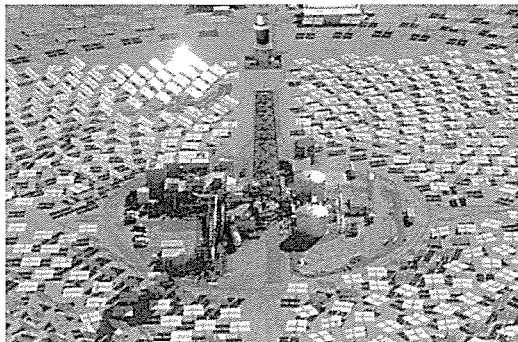
2 mの集光系で
太陽像 = 2 cm
>>色収差 = 2 mm



ギリシャ・採火式



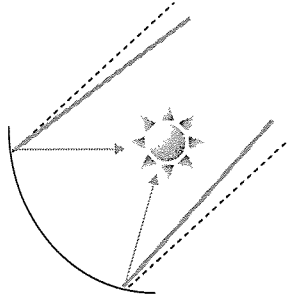
米国サンディア研究所



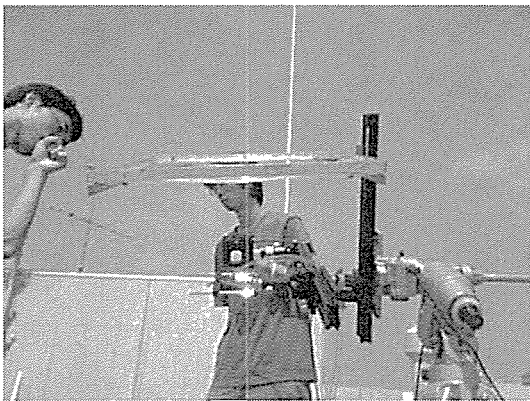
ドイツ・エスリンゲン大学



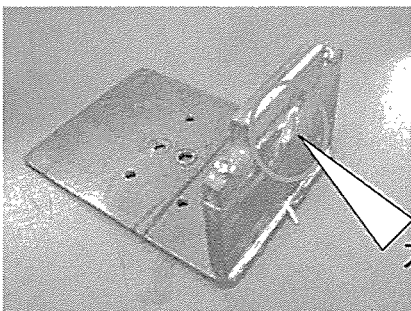
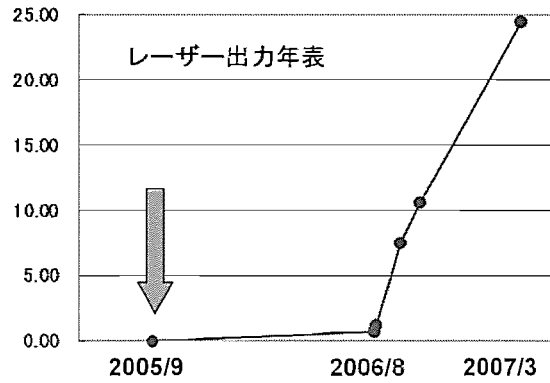
フランス太陽エネルギー研究所



2 mの鏡では太陽像は2 cm!!

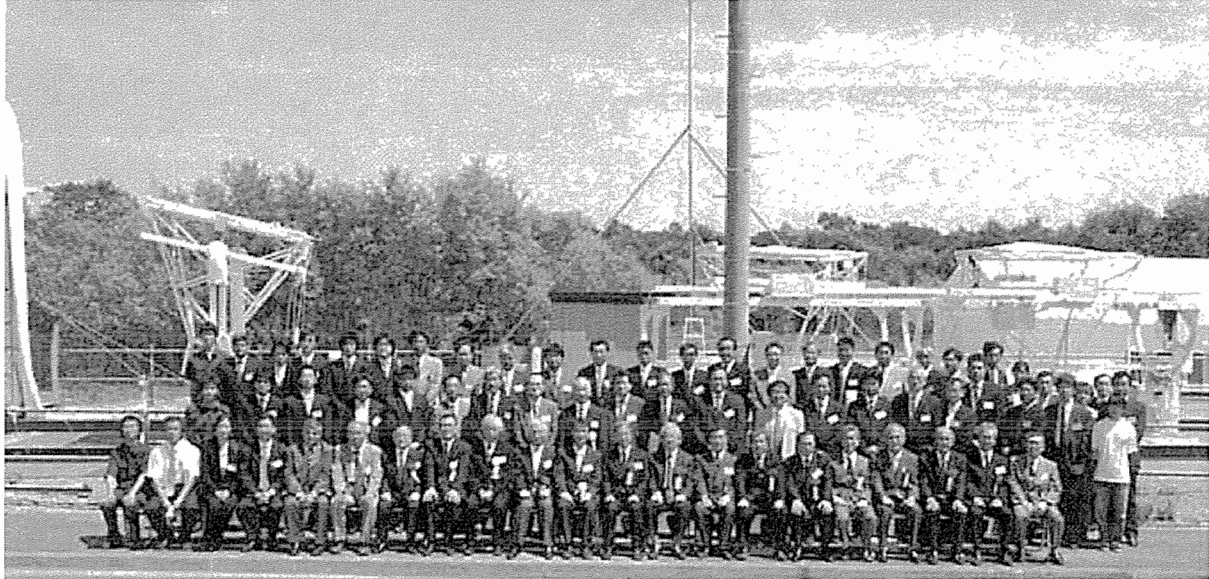
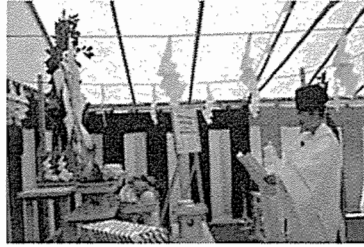


レーザー出力 (W)

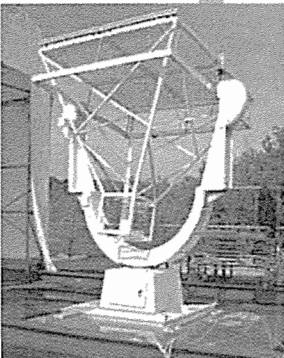
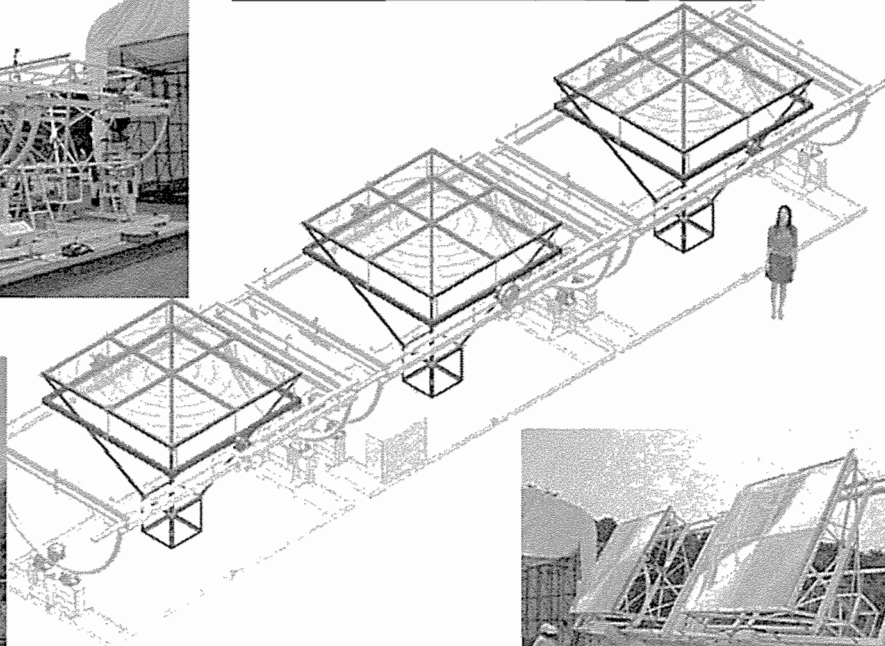
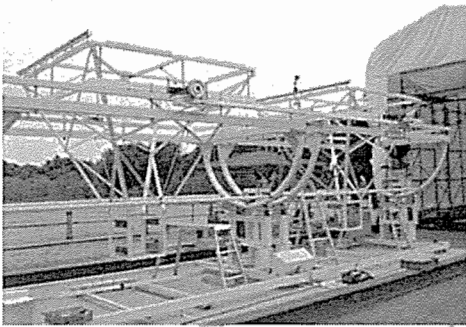


太陽光



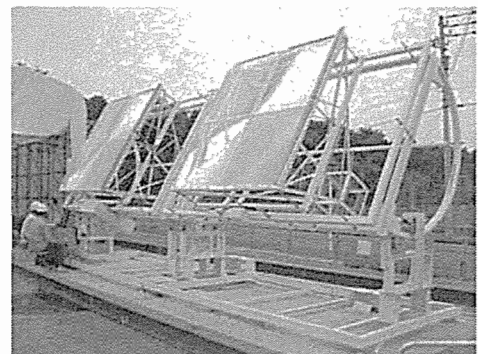


4m²フレネルレンズで 400-500 W を予定



ラフォーレエンジニアリング

2007年7月25日 大安
完成披露式典・千歳
ティス、トウト工機、セキネ

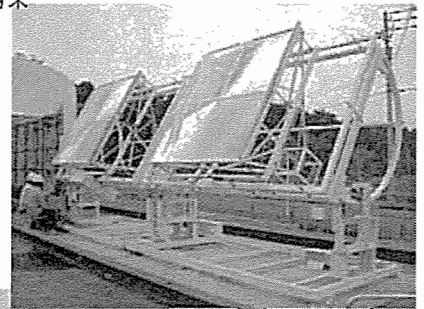




	レーザー出力 W	集光面積 m ²	効率% レーザー/太陽
M.Weksler 1988	60	38.5	0.155
V.Krupkin 1993	500	660	0.075
M.Lando 2003	45	6.85	0.67
Yabe 2007	80	4	2.0
Yabe 2010予想	400	4	10.0

千歳モデル
2007年7月末
完成

2mレンズ

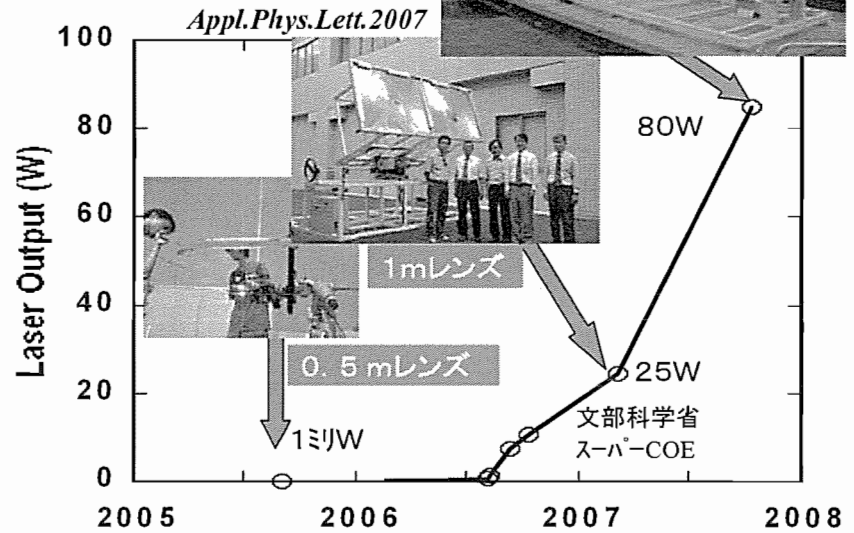
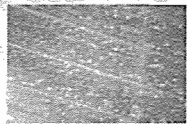
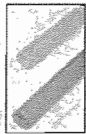


第一フェーズ実機モデル完成予定
=>Mg生産開始

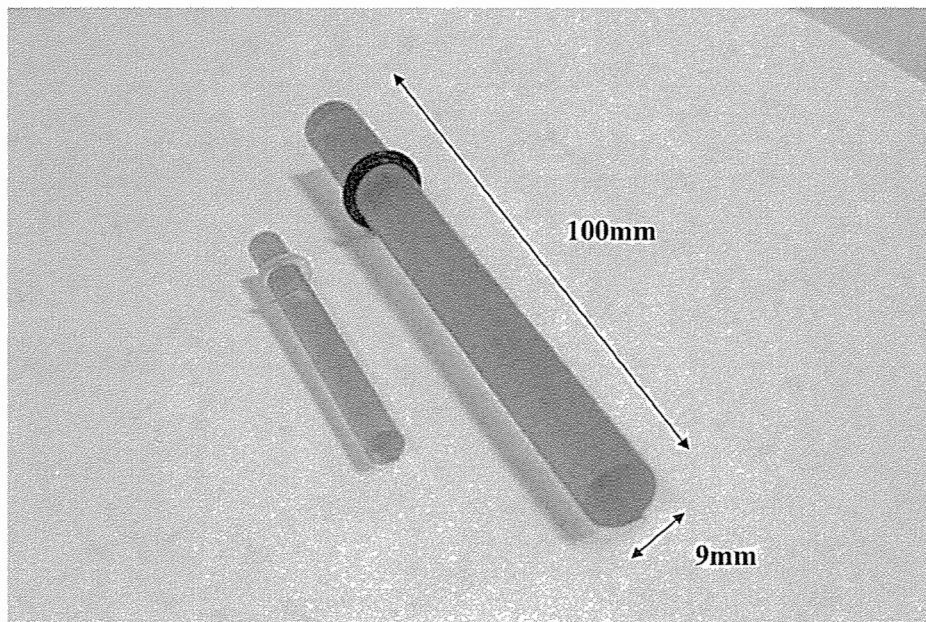
フレネル改良x2倍、レーザー改良x2-3倍
人工太陽では、効率40%超実現

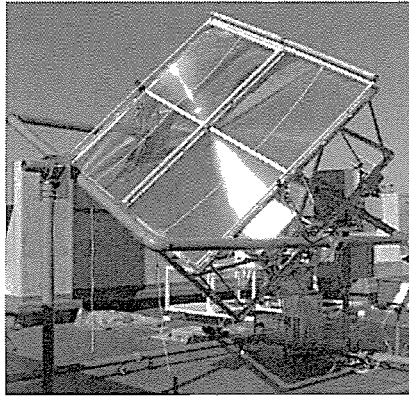
改良予定

- Cr含有率
0.1%→0.3%
出力3倍
- フレネルレンズ
透過率40%
→80%
- 二次集光系
最適化
75%ロス

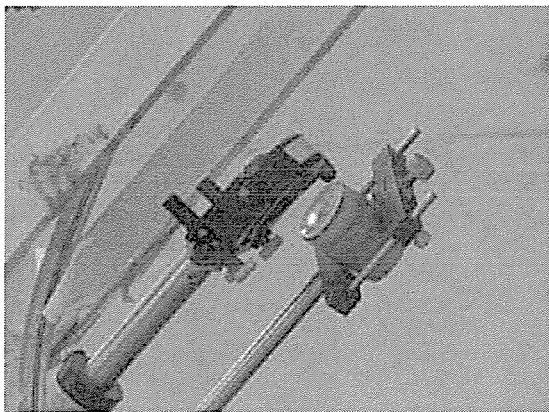


1/10の媒質でも、70W実現

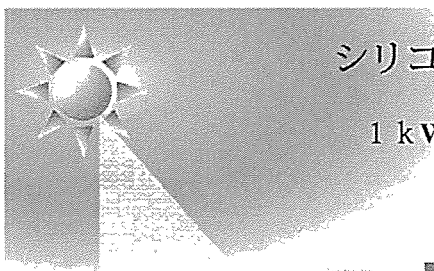




光ファイバー

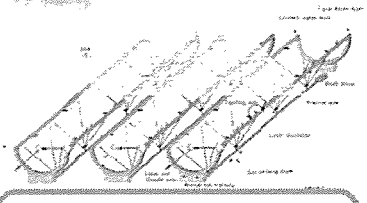
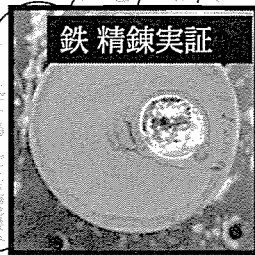


酸化マグネシウムの蒸発(沸点3600度、
+潜熱+分解20000度相当)

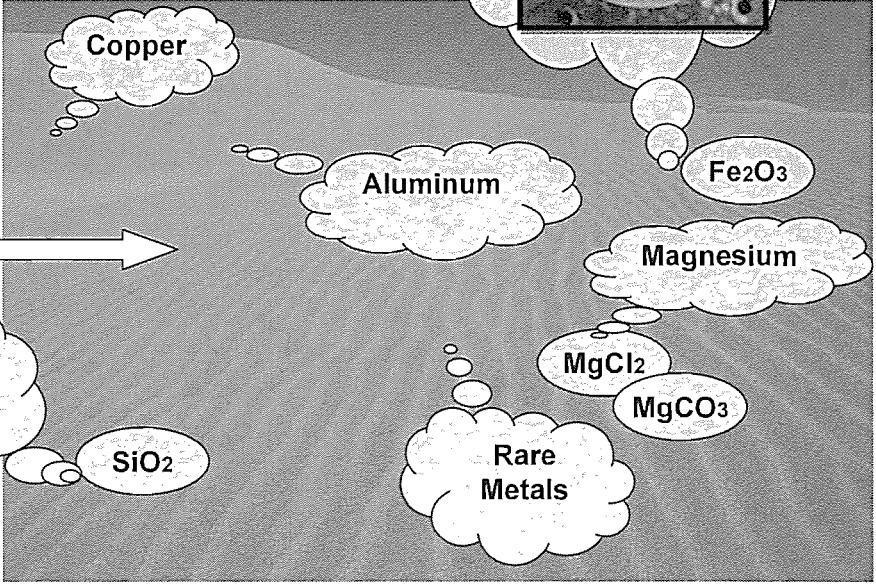
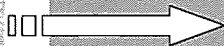


シリコン、鉄のレーザー精錬も実証

1 kW級YAGレーザー2000万円
=>太陽励起レーザー50万円
電気代無料



太陽励起レーザー精錬



99%シリコン作成



コスト面 レーザー:400W(4m²:効率10%) } → レーザー:900W(9m²:効率10%)
 Mg生産: 20mg/kJ(効率50%)

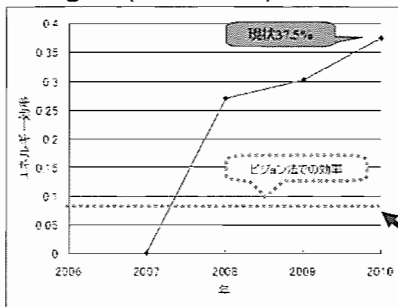
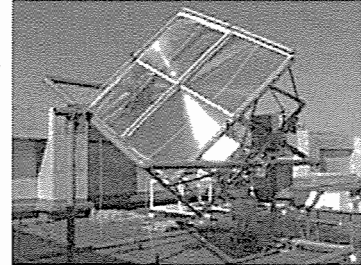
マグネシウム価格: 193 円/kg → **マグネシウム価格: 86 円/kg**

※現在マグネシウムの市場価格は 300~400円/kg

技術面

- 400W(効率10%の実現)可能
- 20mg/kJ(効率50%)での連続生産が可能 (現状15mg/kJ)

日照時間:8時間 }
 装置コスト: 50万円 }



3年間で効率激増

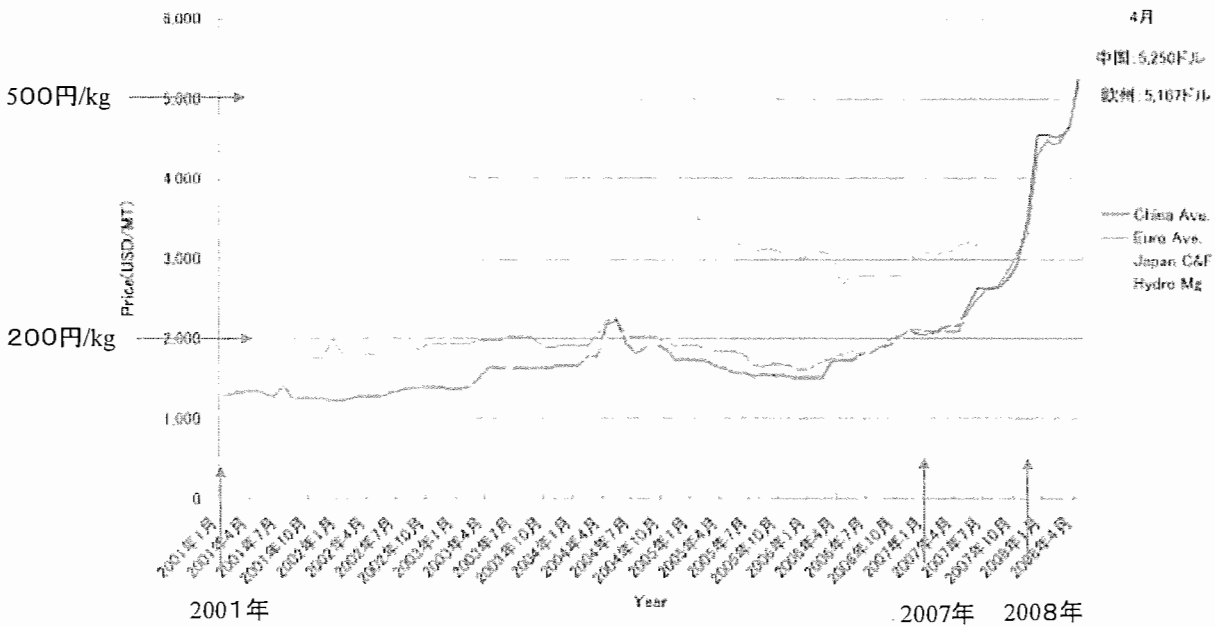
効率50%は現実的

技術的には実現可能

ピジョン法5mg/kJ(効率12.5%)



Price Evolution of Magnesium Price (Metal Bulletin誌)





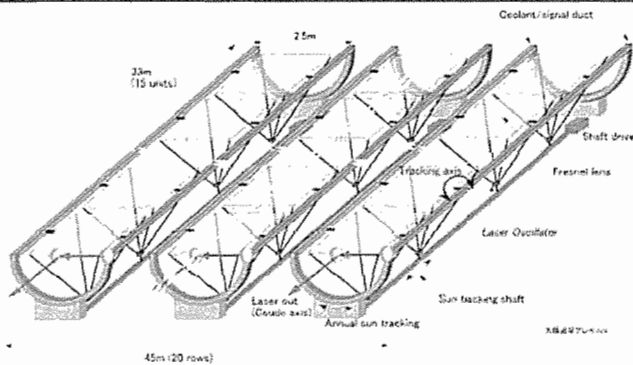
小型装置で成功したからと言って大型実用機は全然違う！！

従来の固定観念にこだわりすぎ

太陽電池を見よ！！

太陽利用は、小型が有利

体積：長さの3乗
面積：長さの2乗
∴面積/体積=1/長さ



レーザーの利点

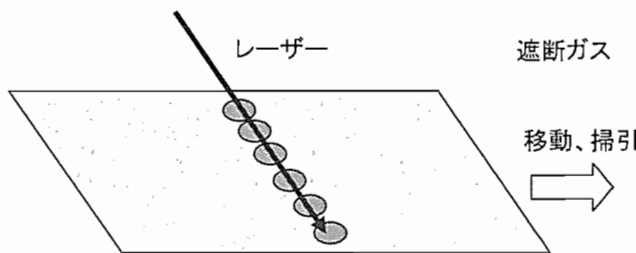
1mm照射 局所加熱 (容器は低温のまま)
1cmに広がれば、温度は100分の1に

日産144kg 年間50 ton

装置コスト 1-2億円

Reduction chamber
Output: 144 kg/Mg, レーザー入力240 kW

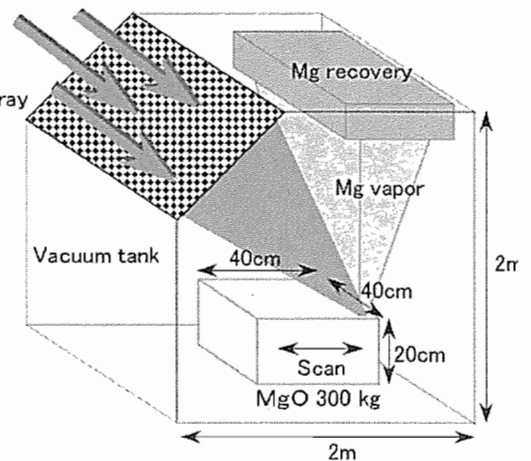
1本のレーザーは1kW程度、すでに開発済みの
レーザーがこの最終ユニットに
レーザーはファイバーで還元装置まで、搬送



300ビームを横に並べて、掃引すれば、大面積を瞬時に蒸発

300 Laser bundle

Laser focusing lens array

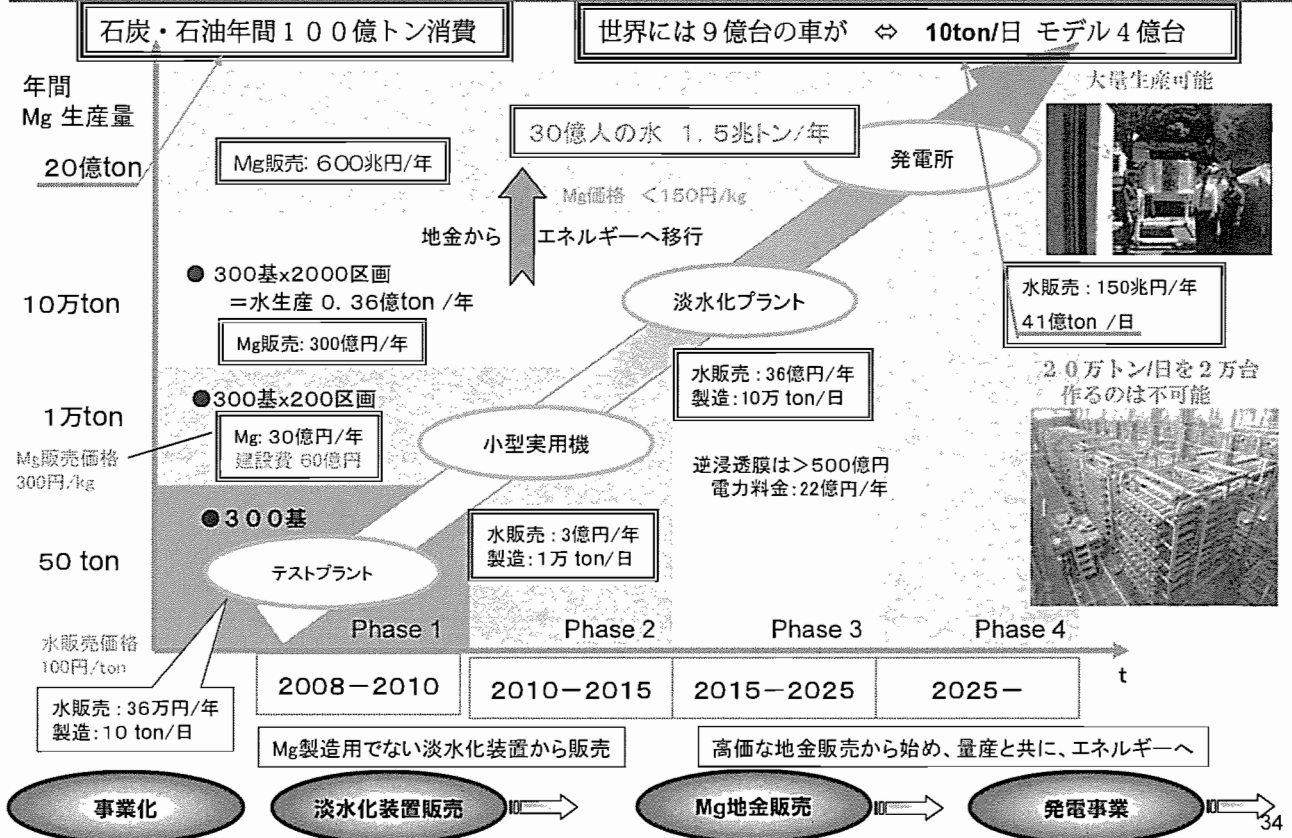




事業化に向けたロードマップ

Electra Holdings

Electra Holdings Co.Ltd. & Tokyo Inst. of Technology



なぜ電気がそんなに必要か？

Electra Holdings

Electra Holdings Co.Ltd. & Tokyo Inst. of Technology



減圧蒸留器：多段フラッシュ法

発電所の廃熱利用、立地条件に制限
海水に腐食されない真空容器が必要→高額

スプレーフラッシュ（噴霧）法

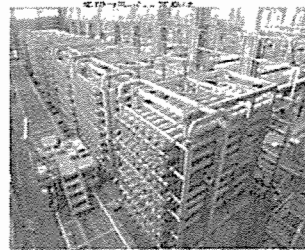
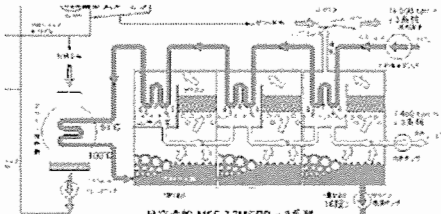
ノズルが小さいために目詰まりを起こす
ノズルが小さいので、処理量が小さい

逆浸透膜

膜の交換（5年毎） 塩分増大中
日産20万トン
電力量大 5万kW（電気代年間44億円）
装置費用大 500億円規模
ホウ素が除去不能>1.3mg/L
WHO基準 <0.5mg/L => 生殖能力を奪う

本方法

海水、汚水すべて同じ装置
膜不要
メンテナンスフリー



一人500 ton/年
30億人分だと
1.5兆 ton/年

60気圧

20万 ton/日 x 2万基
500億円/基
電力使用量 9兆kWh/年
世界電力量 16兆kWh/年





Desalination Device (淡水化装置) for 1 m³/day=1 ton/day

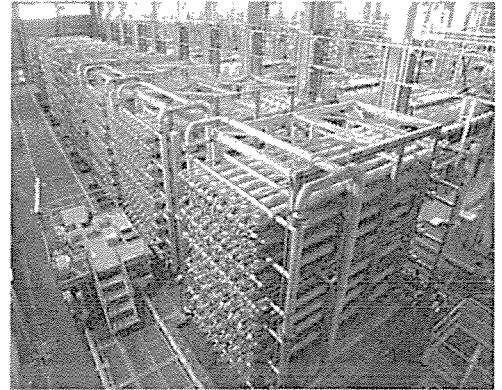
Method	Construction (建設費用)	Electricity (電気使用)	Cost of Fuel for 30 years
Reverse Osmosis driven by Electricity	12万円	0.25kW	132万円
Present method by Solar Energy	5-50万円 (大量生産時)	0kW	0

0.25kW for 30 years =66,000kWh
In Japan
2.0円 / 1kWh
太陽売電 48円/kWh



10tons/day device
commercial model
10m³/日、商用実機

伊藤忠+スエズ
オーストラリア
40万トン/日 2800億円
70万円/(1トン/日)

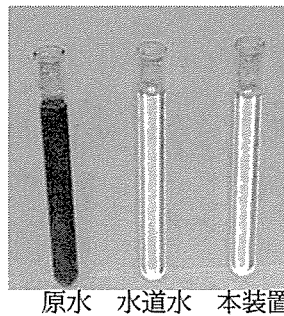


新型淡水装置性能

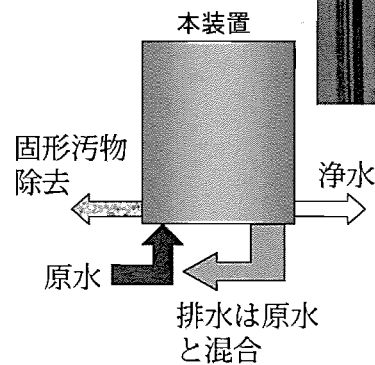


汚泥&海水処理能力

硬水=>軟水
汚水=>1/1000に浄化
3.5%塩分=>0ppm
COD=1mg/L



排出汚水なし



加熱部大きさ

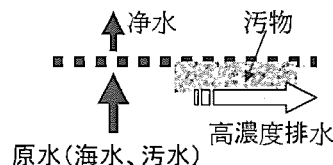
2009年-2019年
太陽熱利用 50m² / (水10m³/日生産)
500,000m² / (水10万m³/日生産)

2019年以降
Mg燃焼加熱
50万kW火力発電所の石炭をMgへ変更

ROでは濃縮排水あり
=>詰まるのを防ぐ
ために、流し取る

本体大きさ

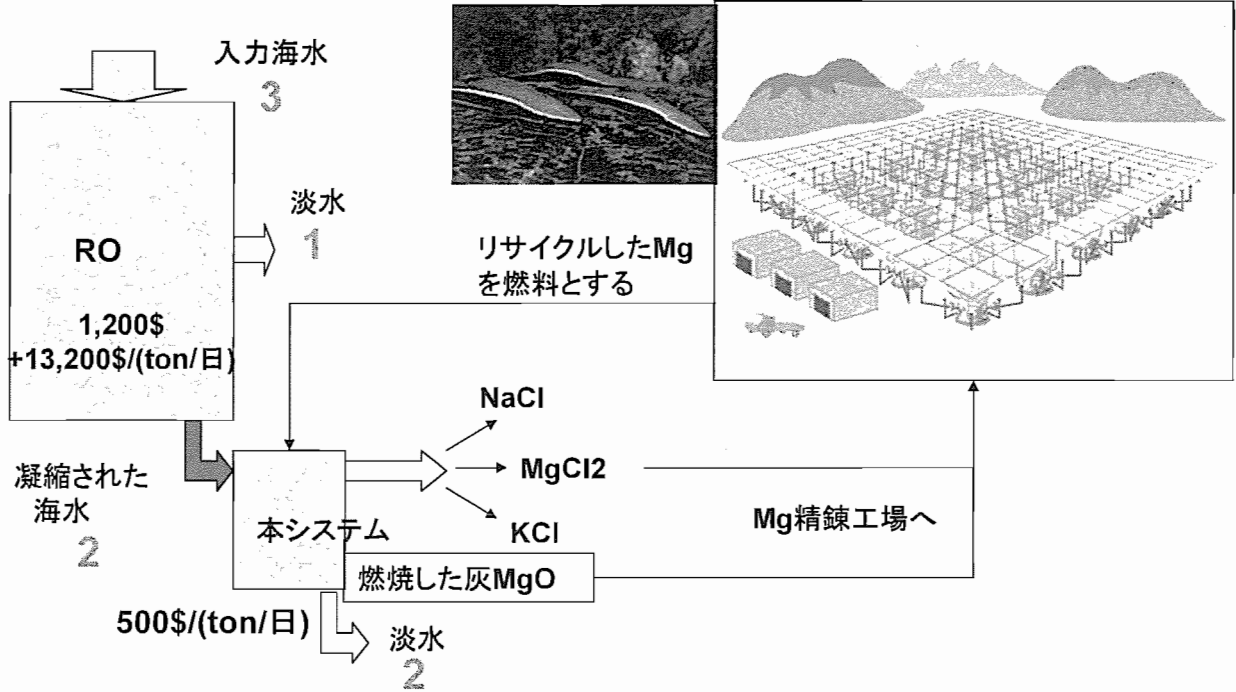
1.8m² / (水10m³/日生産)
18,000m² / (水10万m³/日生産)



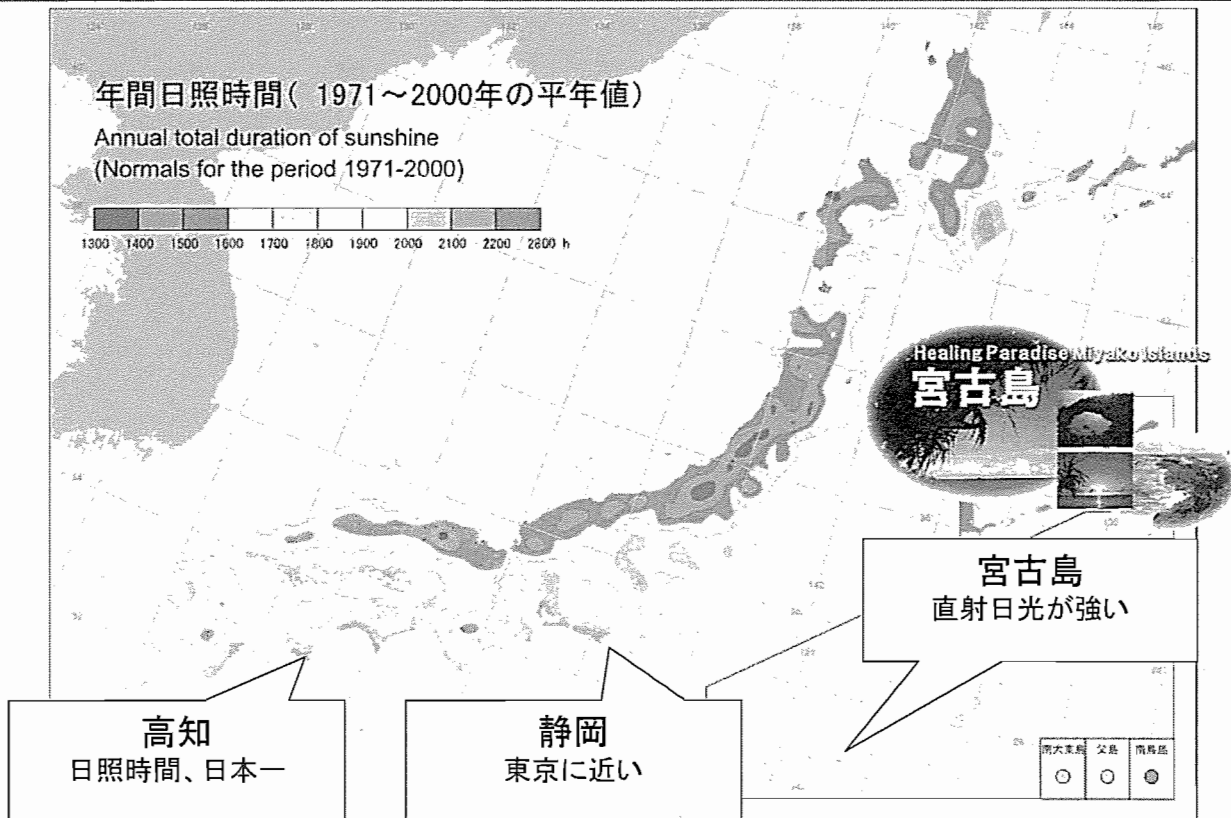


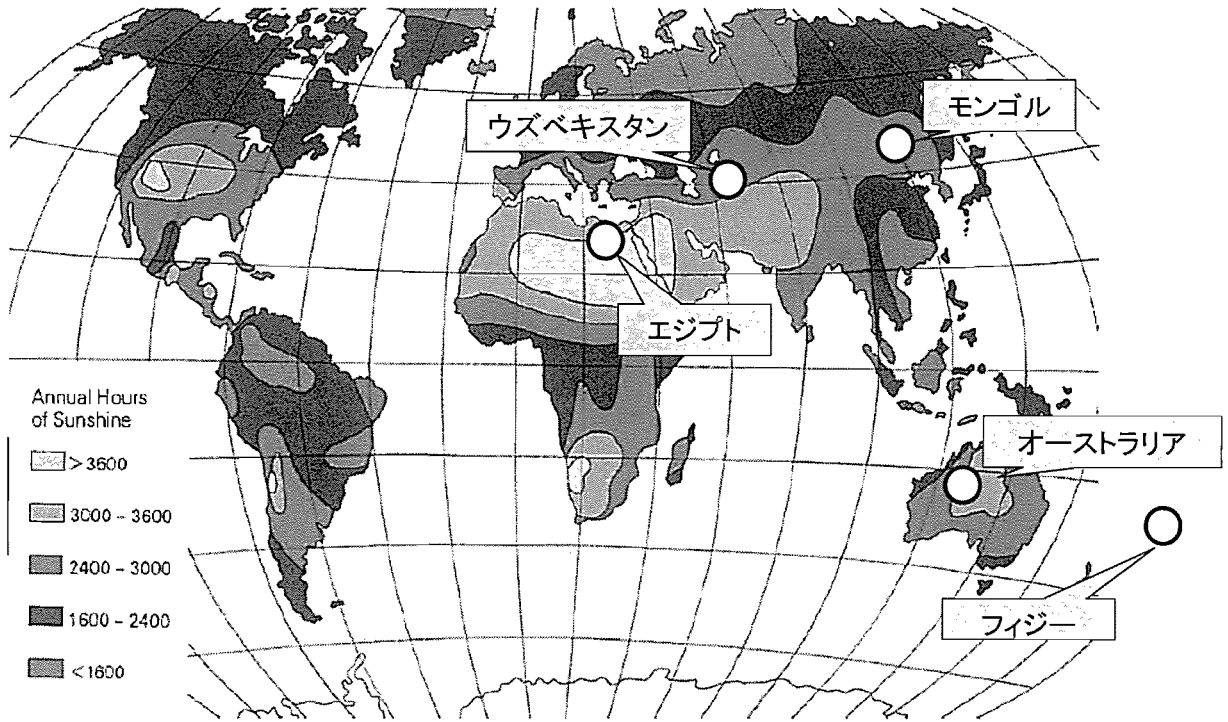
Remora, Sharksucker (Shark = 鮫 sucker = 吸盤)

船、亀、大きなさかなにくっついて移動

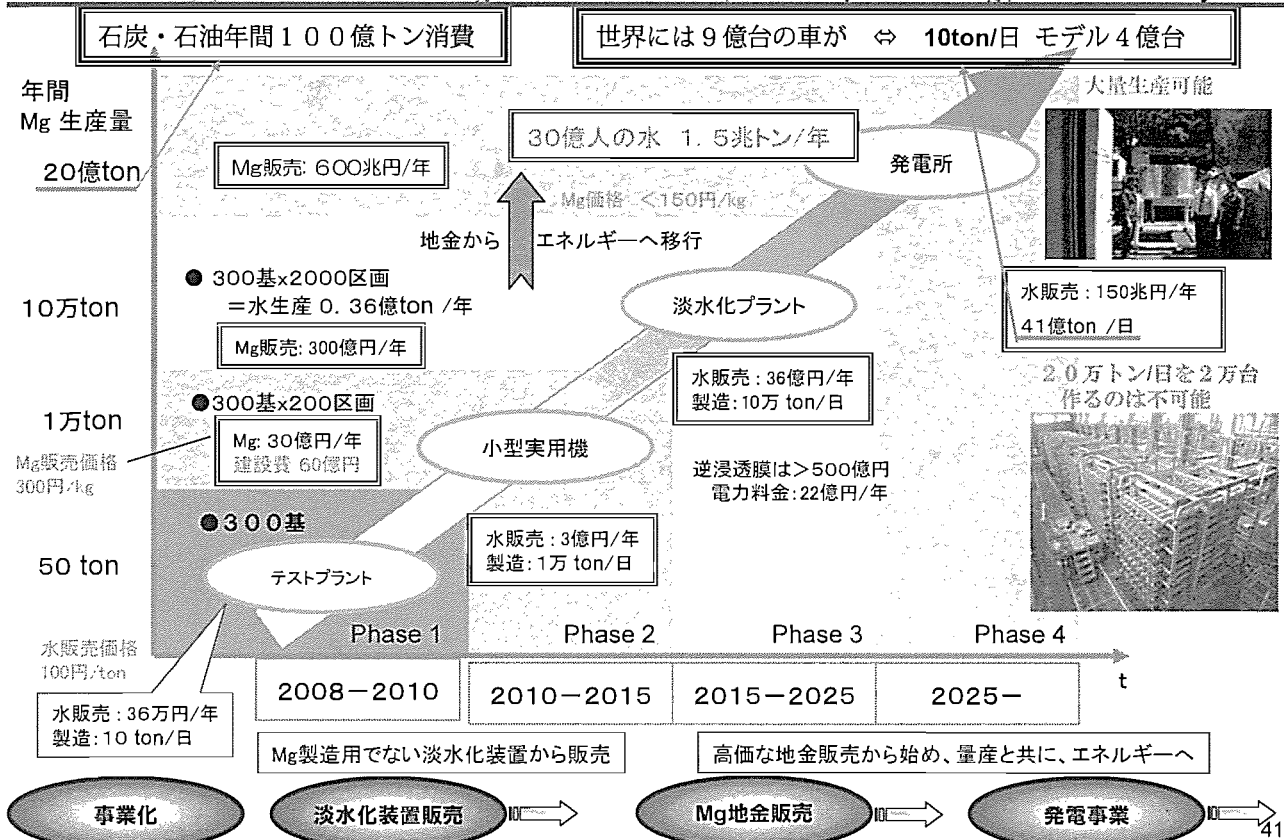


日本における試験場 & 技術者養成所候補





事業化に向けたロードマップ





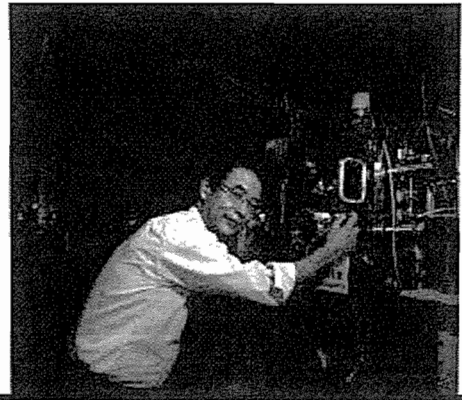
BUSINESS

**SCIENTISTS.
INNOVATORS.**

TAKASHI YABE

By unlocking the massive power of tiny magnetron particles, the Japanese researcher hopes to build a clean alternative to fossil fuels.

...the world's most powerful magnetron particles, the Japanese researcher hopes to build a clean alternative to fossil fuels. ...



SCIENTISTS & INNOVATORS
Takashi Yabe
By unlocking the massive power of tiny magnetron particles, the Japanese researcher hopes to build a clean alternative to fossil fuels.

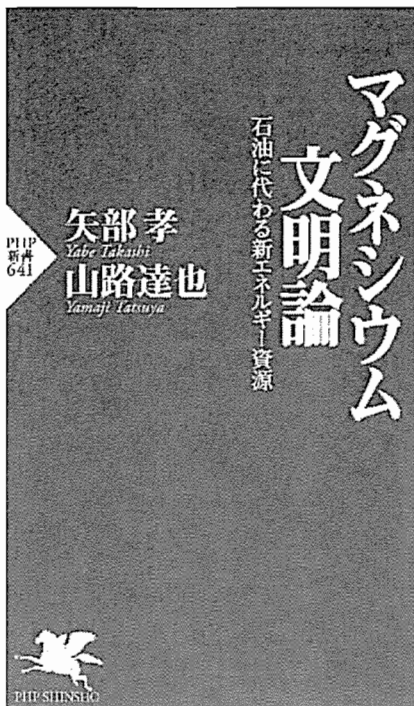


GREEN & SUSTAINABLE
Sheri Liao
China's 2008 earthquake created the chance to learn a more sustainable — and profitable — way of living.



VIDEO
The U.N. Talks Climate Change
Some 150 world leaders gathered in New York, where the United Nations played host to the highest level summit meeting on climate change ever convened.

URL of
Time Magazine



テレビ東京 2月8日午後11時
「ワールドビジネスサテライト」
特集「マグネシウム」

マグネシウム文明論—石油に代わる新エネルギー資源—
PHP新書 2009年12月16日発売 定価720円(税別)

- 太陽電池で日本全体のエネルギーを賄うには国土の60%が必要
- 水素社会実現には、日本の地下が水素貯蔵タンクだけに
- 世界中の自動車にリチウムイオン電池を搭載すると、リチウム資源が枯渇する
- 15年後に必要な水を逆浸透膜で造水するには世界の電力の50%が必要
- マグネシウム社会の全容が今ここに明らかに
- 鳩山政権の炭酸ガス25%削減は、淡水化装置でクリア