

## 運輸部門における省エネルギー対策とその効果

宮 下 英 雄\*

### 1. 運輸部門のエネルギー消費構造

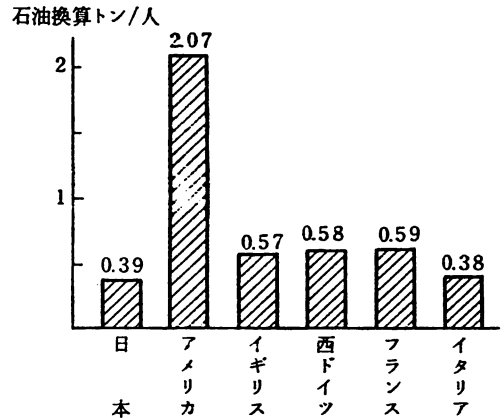
本稿における運輸部門とは、営業用・自家用もしくは産業用・民生用を問わずあらゆる輸送・交通活動をすべて含む。したがって、運輸部門のエネルギー消費量とは、各種輸送機器・機関がその走行のために用いたすべてのエネルギー量を意味するものとする。

運輸部門のマクロ的エネルギー消費構造は、表1、2に示すような状況となっている（本表では、国内輸送分の他国際輸送分のうち、日本国内で供給されたものを含んでいる）。クロスセクション（52年度）及びタイムシリーズ的にみた特色は次のように集約することができる。

- ① 自動車による消費比率が圧倒的に高いこと。部門含みの64%、国内輸送の77%を占めている。
- ② 海運部門は、内航外航を合せて全体の27%を占めており、中でも外航用はそれだけで16%を超えている。
- ③ 鉄道は、エネルギー消費量でみる限り前二者と比較にならない程の地位しか占めていない。
- ④ 石油危機以後4年間の傾向をみた場合、外航海運が縮小した他、他はすべて経済成長率程度で拡大している。中でも、内航海運、航空の伸びが顕著であった。
- ⑤ 石油危機以後も、自動車のシェアはじりじりと拡大している。

ちなみにこうしたマクロ的エネルギー消費構造を、他の先進国と比較した場合、わが国はその自動車比率の低さ、鉄道・海運比率の高さに特色があると言えよう（図-1参照、次頁）。国民一人あたりの運輸部門エネルギー消費でみても、わが国は最も低い水準にある（図-2参照）。

以上のエネルギーは、運輸部門で直接的に消費され



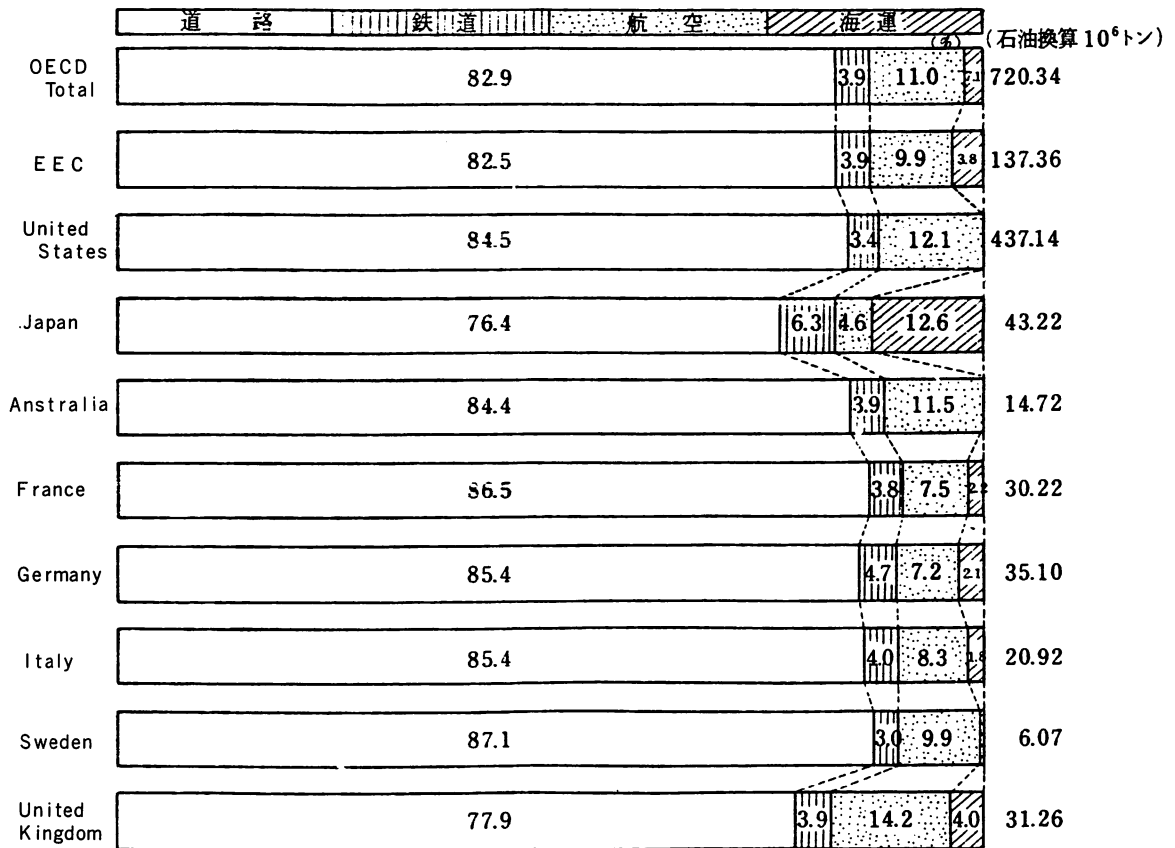
出所：OECD 1977年資料により作成（運輸白書）

図-2 運輸部門における国民1人当たりエネルギー消費量

た量である。この他、運輸に関わるエネルギーとしては、輸送用機器の製造・修理に要するもの、さらに輸送関連インフラストラクチャーの建設に要するものが考えられる。前者を直接エネルギーとする時、後二者は間接エネルギーと称することも可能であろう。これらの直接・間接エネルギーを、モード（輸送機関）別に把握・推計した結果より、昭和50年の断面的傾向としてうかがわれるのは、

- ① 運輸関連投入全エネルギー（トータルエネルギー）のうち、63%が直接、25%が機器製造・修理用、残り12%がインフラ建設用であった。
- ② 運輸関連投入全エネルギー、 $752 \times 10^{12}$  kcalは、当時の国内全エネルギー需要の約24%に相当する。
- ③ モード別にみた場合、鉄道は間接エネルギーの比率が高く、海運・航空は逆に直接エネルギーの比率が高いという傾向を示す。自動車はほぼ平均的な位置にある。
- ④ トータルエネルギーでみた場合、昭和50年のモ

\*野村総合研究所 社会システム研究部主任研究員



出所：Energy Balances OECD Countries 1975/1977より

注) 内需のみ

図-1 OECD諸国の輸送部門エネルギー需要量

ード別構成は、自動車75.5%、鉄道10.2%、海運(国内)11.5%、航空2.7%である。

## 2. 輸送機関のエネルギー消費効率

諸生産分野と同様、輸送機関のエネルギー消費効率も、インプットされるエネルギー量とアウトプットとしての輸送サービス量の比で計測することが必要である。輸送機関においては、共通の輸送サービス量として、人キロないしトンキロと呼ばれる輸送量を採用することが多い。即ち、人1人あるいは貨物1トンを1km輸送する為に必要なエネルギー量(kcal/人キロないしkcal/トンキロ)、つまりエネルギー原単位の逆数を以って、輸送機関のエネルギー消費効率と見做すわけである。

輸送サービスを形成するものは、勿論、単に輸送量、移動距離だけでなく、スピード(時間)、快適性、利便等の重要な要素が他に考えられる。しかしながら、輸

送機関相互の比較を可能にする共通指標として、前記の物理的な単位を便宜的に採用せざるを得ないわけである。

このようないわば物理的なエネルギー消費効率の捉え方に対し、最近「輸送量の中に時間、便利性、公共性等の輸送サービス指標をも導入すべきである」との主張が一部で行われている。(注1,2)これは、アウトプットとしての輸送量に質の要素を加味すべきであるということの意味するが、これは、(i)この場合輸送機関の総合的評価を1つの指標に集約するという意味を持つこと(ii)サービス指標の客観的定量化が困難であることの2点において無理が認められかつ混同され易いと考えられる。

注1 三井情報開発㈱「交通手段の新しいエネルギー消費効率」について

注2 日本自動車工業会「エネルギーと自動車」(パンフレット)昭和54年9月

さて、52年度におけるマクロ的なエネルギー消費効率を輸送機関別に推定したものが、表3である。これは、輸送機関毎の消費エネルギー量を、輸送量（人キロ、トンキロ単位で得られるマクロ統計量）で除して得られた原単位であり、各機関の物理的ないし定格性能的なエネルギー効率の他、積載条件、走行条件等の社会経済的要素が入った効率（の逆数）であると言えよう。

旅客輸送について言えば、乗用車は773kcal/人・キロと航空を下回る効率となっている。この主たる理由は言うまでもなく乗用車の積載効率が極めて低く、平均して1.5人1台（積載効率30%）程度であることによる。他方、鉄道は93kcal/人・キロと乗用車のおよそ8

分の1以下の水準である。貨物輸送の分野でも、トラックと鉄道・海運との間で同様の格差がみられる。また同じトラックでも、相対的に積載効率の高い営業用と積載効率の低い自家用とでは、エネルギー消費効率に3倍以上の開きが生じている。参考のために、積載効率（ロードファクター）100%の理想的な条件の下でのエネルギー消費効率（原単位）を表4に示す。

### 3. 運輸部門の省エネルギー対策とその効果

当部門における省エネルギー対策は、大別すると

- A. 輸送体系の省エネルギー化
- B. 個々の輸送機関の輸送・走行条件の改善
- C. 個々の輸送機関の技術的対策（燃費改善）

表1 輸送機関別直接エネルギー消費量（物量ベース）

年度等					昭和48	49	50	51	52
輸送機関					年 度				
鉄 道	国	鉄	電 力	100万kWh	7,391	7,547	7,810	8,228	8,191
	"	"	軽 油	1,000kl	725	720	695	701	687
	"	"	石 炭	1,000 t	430	201	48	—	—
	民	鉄	電 力	100万kWh	4,274	4,367	4,413	4,346	4,716
	"	"	軽 油	1,000kl	13	14	13	13	13
自 動 車	旅 客	自動車	ガソリン	1,000kl	16,377	16,349	17,896	19,131	21,469
		営業用乗用車	ガソリン	1,000kl	219	181	147	113	84
		"	L P G	1,000kl	2,691	2,443	2,606	2,736	2,781
		自家用バス	軽 油	1,000kl	130	134	157	160	192
		"	ガソリン	1,000kl	215	197	194	185	186
	営業用バス	軽 油	1,000kl	1,228	1,226	1,222	1,250	1,246	
	貨 物	自家用トラック	軽 油	1,000kl	4,789	4,833	5,098	5,451	6,060
		"	ガソリン	1,000kl	8,833	8,209	8,557	9,661	10,415
営業用トラック		軽 油	1,000kl	4,601	4,556	4,771	5,221	5,727	
	"	ガソリン	1,000kl	157	131	127	120	110	
内 航 海 運			計	1,000kl	5,208	6,278	6,749	6,974	6,883
			A 重油	1,000kl	2,237	2,374	2,422	2,733	2,705
			B 重油	1,000kl	2,193	2,660	2,842	2,582	2,386
			C 重油	1,000kl	778	1,244	1,484	1,659	1,792
国 内 航 空			ジェット燃料	1,000kl	1,337	1,507	1,634	1,553	1,880
外 航 海 運 *			計	1,000kl	12,322	11,855	14,158	11,655	10,849
			A 重油	1,000kl	945	814	899	926	806
			B 重油	1,000kl	83	32	45	76	59
			C 重油	1,000kl	11,293	11,009	13,214	10,653	9,984
国 際 航 空 *			ジェット燃料	1,000kl	520	523	643	693	718

- 注) 1. 内航海運は、内陸水運業、船舶貨渡業を含む。  
 2. 外航海運および国際航空は、ボンド扱いの量（非課税分）。  
 3. \*は、暦年の数値。国際航空は邦機分。  
 4. 鉄道、自動車は消費量、その他は販売量である。

出典：運輸省『運輸経済統計要覧』原典は、鉄道要覧、民鉄統計、陸運統計年報、石油統計年報、総合エネルギー統計。

表2 輸送機関別直接エネルギー消費量 (カロリー・ベース)

昭和年度 輸送機関	48年度		49年度		50年度		51年度		52年度		5年度の平均値		48~52年度(4年間)の伸び率%/年
	1兆kcal	構成比 (%)	1兆kcal	構成比 (%)	1兆kcal	構成比 (%)	1兆kcal	構成比 (%)	1兆kcal	構成比 (%)	1兆kcal	構成比 (%)	
鉄道	38.0	6.7	37.1	6.5	36.7	5.9	37.3	6.0	38.1	5.8	37.4	6.2	0.0
自動車計	340.2	59.9	332.1	58.6	353.8	57.3	381.9	61.2	419.1	63.9	365.3	60.2	5.3
旅客	176.4	31.0	174.0	30.7	188.3	30.5	199.7	32.0	220.2	33.6	191.6	31.6	5.7
	貨物	163.8	28.8	158.1	27.9	165.5	26.8	182.2	29.2	198.9	30.3	173.7	28.6
内航海運	51.6	9.1	62.2	11.0	66.8	10.8	69.0	11.1	68.1	10.4	63.5	10.5	7.2
国内航空	11.9	2.1	13.4	2.4	14.5	2.3	13.8	2.2	16.7	2.5	14.1	2.3	8.8
国内輸送小計	441.7	77.7	444.8	78.5	471.8	76.4	502.0	80.5	542.0	82.6	480.4	79.2	5.2
外航海運*	122.0	21.5	117.4	20.7	140.1	22.7	115.4	18.5	107.4	16.4	120.5	19.9	- 3.1
国際航空*	4.6	0.8	4.6	0.8	5.7	0.9	6.2	1.0	6.4	1.0	5.5	0.9	8.6
国際輸送小計	126.6	22.3	122.0	21.5	145.8	23.6	121.6	19.5	113.8	17.4	126.0	20.8	- 2.6
輸送部門合計	568.3	100.0	566.8	100.0	617.6	100.0	623.6	100.0	655.8	100.0	606.4	100.0	3.6

注) 第1-47表を用いて推計。

エネルギー種別の換算値は、次の通り。

電力 1kWh=2,450kcal	ガソリン 1ℓ=8,600kcal	ジェット燃料油 1ℓ=8,900kcal
軽油 1ℓ=9,200kcal	重油 1ℓ=9,900kcal	LPG 1ℓ=7,200kcal (比重0.6)
石炭 1kg=6,000kcal		

表3 輸送機関別運行エネルギー消費原単位 (52年度)

(1) 旅客

輸送機関	項目	輸送量 (億人キロ)	エネルギー消費量 (百億kcal)	エネルギー消費原単位 (kcal/人キロ)	鉄道を1とした場合の指数
鉄道	国鉄	3,123	2,909	93	1
	民鉄	(1,997)	(1,775)	(89)	
バス 乗用車 航空機(国内)	バス	(1,126)	(1,134)	(101)	1.5 8.3 7.6
	乗用車	1,046	1,483	142	
	航空機(国内)	2,640	20,405	773	
		236	1,673	708	

(2) 貨物

輸送機関	項目	輸送量 (億トンキロ)	エネルギー消費量 (百億kcal)	エネルギー消費原単位 (kcal/トンキロ)	鉄道を1とした場合の指数
鉄道		413	897	217	1
トラック (営業用トラック) (自家用トラック)	トラック	1,431	19,896	1,390	6.4
	(営業用トラック)	(800)	(5,364)	(670)	
	(自家用トラック)	(631)	(14,532)	(2,304)	
船舶(国内)		2,023	5,348	264	1.2

注 (1) 通商産業省「エネルギー統計年報」,「総合エネルギー統計」及び運輸省情報管理部資料より作成した。

(2) エネルギー消費量の旅客及び貨物への配分は、一部推計を含む。

(出所) 運輸白書

表4 ロードファクター100%の場合の単位輸送量当りのエネルギー消費量

(1) 貨物

輸送機関		区分	kcal/トンキロ
自動車	普通トラック (積載量: 8トン)		310
	小型トラック (積載量: 1.5トン)		580
鉄道	電気機関車 (けん引量: 500トン)		50
	ディーゼル機関車 (けん引量: 500トン)		60
船舶	タンカー (99,376 G/T)		10
	タンカー (499 G/T)		70
	貨物船 (499 G/T)		70
	コンテナ船 (21,057 G/T)		60

(2) 旅客

輸送機関		区分	定員	kcal/人キロ
自動車	バス		70人	40
	軽自動車(550cc)		4人	120
	小型乗用車(1500cc)		5人	150
	乗用車(3100cc)		5人	220
鉄道	通勤電車		142人	40
	気動車		87人	60
	新幹線		88人	70
航空機	B727-200		178人	{ 440
	B747-SR		498人	{ 360
船舶	旅客船(2211 G/T)		1264人	{ 400
				{ 320
船舶	旅客船(2211 G/T)		1264人	190

注 (1) 運輸省エネルギー対策室資料より作成

(2) 鉄道貨物は、機関車のけん引能力に応じた最長の貨車編成にした場合の試算であって、地方交通線等けん引車数の少ない場合、及び各駅停車の場合等には、単位輸送量当りのエネルギー消費量は上表の数値より相当大きくなる。

(3) 航空機は、飛行距離が500kmの場合が上段で、1,000kmの場合が下段である。

(出所) 運輸白書

の三種類に分類することが可能と思われる。運輸部門の省エネルギー化を進めるためにはこれらの対策を並行して進めることが肝要と思われるが、その性格、効果が自ら異なるものであることに注意する必要がある。対策の種類別、モード別の具体的事例については表5

に記すが、以下これら各対策の性格、効果、問題点等について述べたい。

Aは、都市内、都市間を問わずエネルギー面からみて効率が劣る個別輸送機関(乗用車、トラック)から大量輸送機関(バス、鉄道、船舶)へ輸送需要を誘導

表 5 運輸部門省エネルギー対策の事例

関連モード 対策の種類	自動車	鉄道	海 運	航 空
A. 輸送体系の省エネルギー化	①省エネルギー型(大量・公共・低速等)輸送機関への誘導・転換 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 個別輸送機関等の抑制</li> <li>・ 大量・公共輸送機関等の整備・優遇</li> </ul>			
B. 輸送機関の輸送・走行条件の改善	①カーブール ②タクシーの相乗り制 ③共同集配システム ④貨物集荷情報システム ⑤道路網の整備・改善 ⑥道路交通管制システム ⑦クルマの運転方法改善 ⑧クルマの大型化傾向抑制	①列車ダイヤ編成の適正化 ②物流拠点・ヤードの整備 ③運転の合理化・自動化	①航路の最適化 ②運転管理の最適化(スピード等) ③物流拠点、港湾の整備	①運行スケジュールの適正化(減便等) ②機材投入の最適化(大型機) ③路線の短距離化 ④航空管制の最適化 ⑤運航の合理化(航法燃料) ⑥空港施設の整備
C. 輸送機関の技術的対策(燃費改善)	①車輛重量の軽減 ②エンジンの燃費改善 ③走行抵抗の低下(タイヤ、車体デザイン) ④代替燃料(アルコール、水素、電気等)の導入 ⑤新エンジン(スターリングエンジン等)の開発	①車輛重量の軽減 ②回生ブレーキ付サイリスタチョップ車の開発導入 ③ディーゼルエンジンの燃費改善	①船型・船首形状の改善 ②エンジンの効率改善 ③帆走の併用 ④タービン船のディーゼル船への換装 ⑤新エンジンの開発(スターリングエンジン、原子力船)等	①機体の軽量化 ②フライトマネジメントシステム導入 ③新型航空機の開発導入(高速ターボプロップ機等) ④代替燃料の開発導入(水素等)

転換してゆくことによって、全体としての輸送用エネルギーを低減させることがその主たる内容である。仮に乗用車で通勤していた人が、鉄道又はバス通勤に切り替えた場合、その省エネルギー効果は転換一件あたり年間のガソリン節約量にして数百ℓの量に達する。従ってこうした転換を大規模に進めることが可能であれば、期待し得る省エネルギー効果は極めて大きいものが予想される。

現実にはこうした輸送需要の転換は、現在享受されている輸送サービスの質の変化(低下)を伴うわけであり、それが社会的に受け入れられるためには相応の準備と時間を必要とする。たとえば、受皿としての大量(公共)輸送機関をより整備することが必要となるし、また場合によっては都市の構造そのものにも変革、改善を要すると思われる。転換をスムーズに行うためには、クルマを抑制するだけでは片手落ちであり、こうした受皿の充実が不可欠である。クルマがわが国の輸送体系の中で支配的な役割を占めるに至ったのは、クルマにそれなりの魅力があるためであり、この流れを変えるためには相当の長期を要しよう。公共輸送機関の整備は、道路混雑の深刻化を背景に従来から取組まれてきている。たとえば、地下鉄・モノレールの建設、バス優先レーンの設置等がその具体例として挙げられよう。このような対策は、今後省エネルギー化の

促進という観点からもより強化される方向にある。

航空機はその競合機関と考えられる新幹線と比較した場合、エネルギー面からみる限り明らかに劣る。しかしながら、山越え海越え等における航空機のメリットを無視することにも無理があり、エネルギーと輸送サービス(時間等)を考慮した両者のあるべき分担関係についての社会的コンセンサスが先ず必要となろう。航空機から新幹線への転換はその上に立って進められるべきものと思われる。いずれにしても、Aの対策は都市内、都市間を問わずわが国における総合的な交通体系の中に、エネルギーの問題をどう位置づけていくかという問題に帰着せざるを得ないのである。

B.の対策は個々の輸送機関の内部で、その積載効率の向上、運転条件の改善を図るものであり、相対的に取組み易い性格を持っている。こうした対策の多くは、営業用、個人用を問わず燃費改善による輸送費用の低減がそのインセンティブとして働くわけであり、エネルギー価格の上昇によって自ずと進行してゆくものと考えられる。その端的な例として、昨今の消費者における低燃費車指向を挙げることができる。本年(昭和55年)前半の乗用車販売は全体的に前年同期を下回っているが、クラス別にみると、大衆乗用車(1000~1500cc)が前年同期比11.8%増であるのに対し、小型乗用車(1500~2000cc)は同16.5%減とはっきり明暗

を分けている。

営業用トラックにおける燃費対策、積載効率向上対策は昨今の業界の最重要課題ともなっており、走行・集荷面での諸対策が今後相当の効果を発揮してゆくものと予想される。航空業界においても全く同様であり、搭載重量の軽減のため飲用水を削減したり、カーペットの厚さを変える等のきめ細かな対策を実施している。また、運航高度、経路、速度等の最適化も安全面で許される範囲のことは概ね実施されつつある。

C. の技術的対策は、主に各輸送機器のメーカーサイドでの対策と言えよう。中でも、機器の軽量化は各機関を通じて重要な意味を持っている。鋼板→プラスチック、アルミニウム等への素材変更によって軽量化を図る場合が多い。走行用エネルギーは、基本的には重量に比例するわけであり、軽減率と同程度の省エネルギーを期待することができる。革新的な技術開発(新エンジン開発、代替燃料開発等)を除いては、こうした技術対策の多くは数年程度の準備期間で可能であり、短期的対策と考えることもできる。またこの対策によって特段輸送サービスの質が影響を受けることも考え

られず、その意味でも社会に受け入れられ易い性格を持っている。但し、革新的な技術開発を除いては、大幅な省エネルギー効果を期待することは無理と思われる。なお、Cの対策の詳細については、今後本シリーズで、主要輸送機関毎に取り上げられる予定と伺っている。

#### (参考文献)

1. 「輸送部門におけるエネルギー消費効率化の定量的分析」  
(総合研究開発機構—野村総合研究所)
2. 「エネルギー アナリシス」電力新報社刊  
(茅陽一編、運輸部門は宮下が分担執筆)
3. 「航空輸送部門におけるエネルギー消費に関する調査」  
(運輸省航空局—運研センター—野村総合研究所)
4. 「運輸部門における省エネルギーの技術的方策とその評価に関する調査研究」  
(運研センター)
5. 「運輸白書」昭和54年版

#### 【お知らせ】

##### 本四連絡橋(児島・坂出ルート)建設状況と

##### 太陽熱発電パイロットプラント(四国・仁尾町)視察会開催について

……主催 大阪国際サイエンスクラブ……

〔日 時〕 昭和55年10月24日(金)～25日(土) 1泊2日

〔見学場所〕 ○本四連絡橋(児島・坂出ルート)の建設現場  
○太陽熱発電パイロットプラント建設現場  
○原子力工学センター(多度津)

〔スケジュール〕 10/24(金) 新大阪発 岡山・宇野・高松経由 取出着(昼食)  
8:43 12:21

マイクロバス 本四連絡橋建設状況視察

マイクロバス 琴弾荘(観音寺泊)

10/25(土) 仁尾町の太陽熱発電パイロットプラント視察(昼食)

10:00  
マイクロバス 多度津の原子力工学センター視察  
13:00

丸亀・水島・新倉敷経由 新大阪着  
18:24

〔定 員〕 20名(定員に達し次第締切)

〔参加費〕 39,000円

〔申込先〕 大阪国際サイエンスクラブ事務局 TEL06-443-5321(代)  
〒550 大阪市西区靱本町1丁目8番4号(大阪科学技術センター内)