

中国交通運輸部門におけるエネルギー消費構造

—1985～2004年経年動向分析—

本研究では、中国交通年鑑統計データを基礎とした貨物輸送と地域間旅客輸送のエネルギー消費実態推計と、都市部パーソントリップ調査結果を用いた都市内旅客交通のエネルギー消費実態推計をあわせて行うことにより、中国における全交通運輸部門エネルギー消費量を算出するとともに、貨物輸送、地域間旅客輸送、都市内旅客交通について、それぞれの交通機関別・燃料種類別のエネルギー消費構造の変化動向を解析し、1985年から2004年までの経年的な動向を解析した。中国交通運輸部門のエネルギー消費量は1985年の919PJから2004年には3559PJの3.87倍と大きく増加している。貨物輸送、地域間旅客輸送と都市内旅客交通のエネルギー消費量はそれぞれ3.37倍、5.50倍、7.42倍と増大している。

キーワード 中国、交通運輸部門、エネルギー消費、貨物輸送、旅客輸送

寧 亜東
NING, Yadong

博(経) 中国大連理工大学能源与動力学院准教授

外岡 豊
TONOOKA, Yutaka

博(工) 埼玉大学経済学部教授

1—はじめに

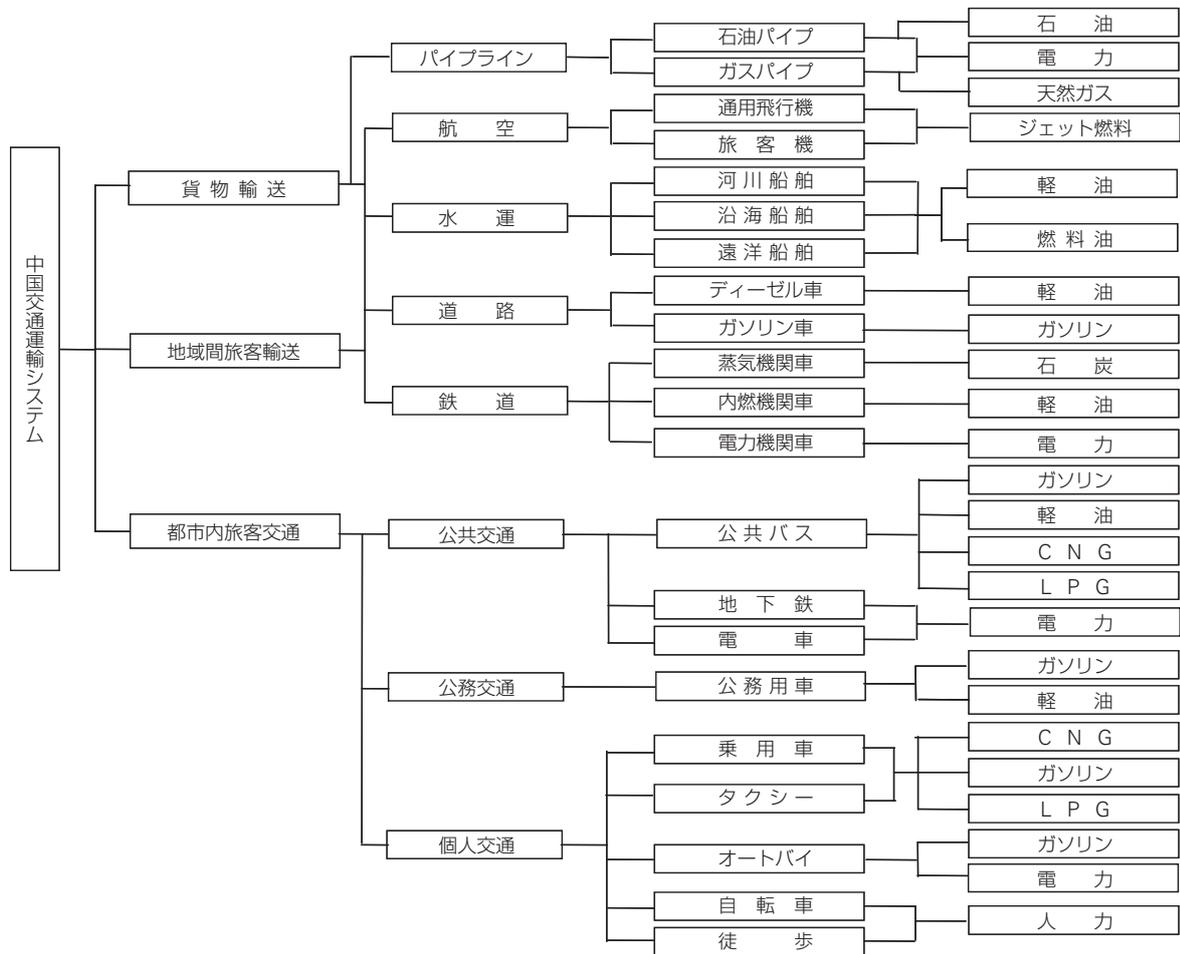
中国は「改革・開放」政策を採択して以来、経済の国際化を進めるとともに、高い経済成長を維持してきた。エネルギーの面では、1993年からの石油純輸出から純輸入国への転換により、エネルギー消費大国に変わってきており、高い経済成長と相まって石油・天然ガス消費量が急激に増大している。交通運輸部門はその大きな増大要因となり、経済発展と都市化の進行により都市部人口の増加、市街地の拡大、自動車の増加及び公共輸送機関の整備拡充などを反映して都市内交通のエネルギー消費量の増加も著しい。特に、WTOに加盟以来、中国自動車産業の急速な発展と自動車の普及に伴い交通混雑、交通事故及び都市大気環境悪化などの問題が深刻化し中国都市内交通の大きな悩みとなっている。今後中国交通運輸部門のエネルギー需要は一層増大すると考えられエネルギー供給計画、省エネルギー対策、大気汚染防止対策、温室効果ガス排出削減対策を考慮した都市交通計画には、将来交通運輸部門のエネルギー消費の予測とその基礎としての交通運輸部門の輸送需要構造とエネルギー消費構造の把握が急務となっている。しかし、基礎となる実態統計情報が欠落しており、交通運輸部門エネルギー消費構造を詳細に検討した研究事例が少ないのが現状である。中国のエネルギー消費に関する公式な統計資料である「中国能源統計年鑑」は交通運輸業、倉庫業と郵便通信業の三つの部門を合計した項目があるが、交通運輸業だけのエネルギー消費データは示されていない。また、最終消費部門の各業種には交通用の軽油、ガソリン消費量が含まれていると考えられる。

近年、筆者らは中国のエネルギーと環境問題に注目してエネルギー消費構造の分析と温室効果ガス、大気汚染物質排出量の推計と予測について研究を行ってきたが、その一環として、交通運輸部門についてもいくつかの研究結果を報告してきた^{1)~4)}。本稿は、多様な基礎情報をもとに、中国交通運輸部門のエネルギー消費量についてできる限り正確・詳細な推計を試み、現状を分析するものである。

2—中国交通運輸システムの構造

中国では「中国交通年鑑」⁵⁾と「中国統計年鑑」⁶⁾に交通に関する統計が掲載されているが、そこでの交通運輸部門は貨物と旅客を輸送する鉄道、道路、水運、航空とパイプラインを指すものである。1971年から石油と天然ガスのパイプライン輸送が始まったが、パイプライン輸送が貨物輸送の一分野として取り扱われている。また、旅客交通には公共バスなどの都市内の旅客輸送が含まれておらず、これらの旅客輸送のほとんどは地域(行政地域)間にまたがる旅客輸送であるため、本研究では地域間旅客輸送と定義する。

本研究における中国交通運輸システムの構成と燃料消費の構造を図1に示す。「中国交通年鑑」と「中国統計年鑑」から得られる貨物輸送と地域間旅客輸送にパーソントリップ調査に基づいて独自に推計した都市内旅客交通を補足した。都市内旅客交通を公共交通、公務交通と個人交通に分け、日常生活を支える重要な交通手段である自転車と徒歩も考慮して分析した。中国では、公共交通の不備とラッシュ・アワー回避の理由から、官庁・国営事



■図一 中国交通運輸システムの構成及び燃料消費の構造

業所及び大規模な企業では通勤用のバスと公務用の乗用車を購入して送迎する公務交通があり、都市内交通の一区分として扱う。個人交通の乗用車の普及はここ数年急速に伸びているが、経済成長に伴い所得が急上昇したニューリッチ層といわれる人々が自家用車を購入している。また、近年都市内大気環境の改善のため、中国政府は大都市を中心とする公共バスとタクシーにクリーン燃料の導入を積極的に促進しており、本研究ではCNGとLPGの燃料消費量を推計した。近年、ガソリン価格の高騰により、電動オートバイを購入する消費者も増えているようである。また、電動オートバイは法律上、自転車と同じ「非原動機付車」扱いで、免許証が必要ないため、オートバイの使用が禁止されている都市部での普及が顕著である。したがって、本研究では電動オートバイの保有動向も考慮して分析した。

3 推計手法

3.1 分析に用いたデータ

貨物輸送と地域間旅客輸送については、「中国交通年鑑」と「中国統計年鑑」において経年的な輸送需要データが得られる。近年「中国交通年鑑」では輸送機関別エネ

ルギー消費原単位(燃費)データもある程度公表され、エネルギー消費構造の分析ができるようになってきた。本研究では、「中国交通年鑑」のデータを中心として1985年から2004年までの輸送需要とエネルギー消費構造を推計した。

「中国交通年鑑」では都市内旅客交通を対象にしておらず、その統計データが得られない。「中国城市統計年鑑」⁷⁾と「中国統計年鑑」からは公共交通輸送データが得られるが、公務交通と個人交通の輸送データはほとんどない。しかし、都市のパーソントリップ調査⁸⁾⁻¹⁰⁾が進められ、ある年次の調査データが得られる。本研究ではパーソントリップ調査をもとに、1985～2004年における都市内旅客交通の輸送構造を推計した。

中国交通運輸部門輸送需要に関連する経年的な基礎データを表一に示す。貨物輸送量は1985年の1兆8,365億トン・kmから2004年の6兆9,445億トン・kmと3.78倍に増加している。そのうち、道路部門、水運部門と航空部門の増加が著しく、それぞれ4.12倍、5.36倍と17.30倍になった。特に、中国は「世界の工場」となっていると同時に、海外と貿易を拡大しつつあるので、水運部門と航空部門の貨物輸送量の拡大は顕著である。地域間旅客輸送量は1985年の4,436億人・kmから2004年の1兆6,309億人・km

の3.68倍に増加している。道路部門と航空部門の増加が著しく、それぞれ5.07倍と15.27倍である。それに対して、水運部門の輸送量は逆に約三分の一に減少した。都市内旅客交通用車保有量の動向は個人乗用車とオートバイの普及が顕著である。公共交通の電車の保有台数と

輸送量は減少している傾向が見えるが、都市計画により多くの路面電車が徐々に廃止されていることが主因である。

貨物輸送と地域間旅客輸送における輸送機関別エネルギー消費原単位データを表—2に示す。蒸気機関車エネルギー消費原単位は拡大していく傾向がある。原因と

■表—1 中国交通運輸需要に関連する経年的な基礎データ

年次	貨物輸送量 (億トン・km)					地域間旅客輸送量 (億人・km)				都市内旅客交通用車両保有量							公共交通旅客輸送量 (億人)		
	鉄道	道路	水運	航空	パイプライン	鉄道	道路	水運	航空	バス (万台)	電車 (台)	地下鉄 (台)	個人乗用車 (万台)	公務用車 (万台)	タクシー (万台)	オートバイ (万台)	バス	電車	地下鉄
1985	8,126	1,903	7,729	4	603	2,416	1,725	179	117	4	4,525	—	—	69	3	5	238	19	—
1986	8,765	2,118	8,648	5	612	2,587	1,982	182	146	4	4,499	—	—	84	5	7	242	19	—
1987	9,471	2,660	9,465	7	625	2,843	2,190	196	182	5	4,678	—	7	94	6	8	253	20	—
1988	9,877	3,220	10,070	7	650	3,260	2,528	204	217	5	4,593	274	15	105	8	39	251	20	0
1989	10,394	3,375	11,187	7	629	3,037	2,662	188	187	5	4,561	325	20	116	10	83	249	20	0
1990	10,622	3,358	11,592	8	627	2,613	2,621	165	230	6	4,602	325	24	127	11	167	257	20	0
1991	10,972	3,428	12,956	10	621	2,828	2,872	177	301	6	4,618	327	30	143	13	205	263	20	0
1992	11,576	3,755	13,256	13	617	3,152	3,193	198	406	7	4,630	345	42	172	19	267	259	20	1
1993	11,955	4,071	13,861	17	608	3,483	3,701	196	478	8	4,491	344	60	213	29	354	256	19	1
1994	12,457	4,486	15,687	19	612	3,636	4,220	184	552	10	4,447	356	80	258	39	548	252	19	2
1995	12,870	4,695	17,552	22	590	3,546	4,603	172	681	13	4,590	500	114	290	50	685	257	20	4
1996	13,093	5,011	17,863	25	585	3,348	4,909	161	748	14	4,118	518	143	330	59	926	231	18	5
1997	13,253	5,272	19,235	29	579	3,585	5,541	156	774	16	5,142	555	191	372	68	1,639	251	22	6
1998	12,517	5,483	19,406	34	606	3,773	5,943	120	800	18	4,093	557	231	405	75	2,049	266	19	6
1999	12,838	5,724	21,263	42	628	4,136	6,199	107	857	21	3,307	725	304	344	79	2,636	291	22	6
2000	13,663	6,129	23,734	50	636	4,533	6,657	101	971	22	3,380	941	365	272	82	3,459	321	14	6
2001	14,575	6,330	25,989	44	653	4,767	7,207	90	1,091	23	3,305	899	470	269	87	3,996	330	13	8
2002	15,516	6,783	27,511	52	683	4,969	7,806	82	1,269	24	3,101	983	624	289	88	4,665	342	12	8
2003	17,247	7,100	28,716	58	739	4,789	7,696	63	1,263	26	3,086	1,913	847	281	90	5,621	361	11	10
2004	19,289	7,841	41,429	72	815	5,712	8,748	66	1,782	28	2,712	1,896	1,072	227	90	6,355	405	9	13

注：水運部門の輸送量は遠洋船舶の国際便の輸送量を含む。航空部門の輸送量は国際便の輸送量を含む。
出所：「中国交通年鑑」、「中国城市統計年鑑」、中国城市交通ホームページ、「新中国55年統計資料匯編」¹¹⁾と「中国統計年鑑」より作成。

■表—2 中国貨物輸送、地域間旅客輸送における輸送機関別エネルギー消費原単位

年次	鉄道			道路旅客輸送		道路貨物輸送		水運—直属企業			水運—地方企業			水運	航空	
	電気機関車	内燃機関車	蒸気機関車	ガソリン車	ディーゼル車	ガソリン車	ディーゼル車	河川船舶	沿海船舶	遠洋船舶	河川船舶	沿海船舶	遠洋船舶	平均水準	貨物	旅客
	kWh/10 ⁴ t・km	kg/10 ⁴ t・km	kg/10 ⁴ t・km	L/10 ³ 人・km	L/10 ³ 人・km	L/10 ² t・km	L/10 ² t・km	kg/10 ³ 人・km								
1985	121.5	28.8	106.0	8.0	6.1	7.7	5.3	7.5	10.5	8.2	13.1	8.6	10.0	—	—	—
1986	114.0	26.8	108.2	8.1	6.4	7.6	5.1	6.7	9.6	8.2	9.7	8.2	13.1	—	—	—
1987	112.5	25.8	110.9	8.2	6.2	7.6	5.1	6.8	9.2	7.6	9.4	7.8	13.4	—	—	—
1988	112.6	25.2	113.7	8.2	6.4	7.2	4.8	6.7	9.1	7.5	11.6	8.3	9.2	—	—	—
1989	110.2	24.4	120.3	8.1	6.5	7.1	4.7	6.6	8.8	7.6	11.3	7.7	9.5	—	—	—
1990	111.0	24.4	125.1	8.7	7.2	7.1	4.8	7.0	8.2	8.0	11.6	7.8	9.9	—	—	—
1991	112.6	24.4	124.9	8.7	7.2	6.9	4.6	6.8	8.2	7.1	9.4	7.7	11.0	—	—	—
1992	112.4	24.4	122.9	9.1	7.0	6.9	4.5	6.6	8.2	7.3	8.9	7.6	10.0	—	420.0	30.0
1993	111.2	24.4	125.4	10.0	8.5	6.7	4.3	9.0	7.9	7.6	9.2	7.6	10.7	—	450.0	32.1
1994	110.8	24.3	132.2	9.0	7.9	6.5	4.5	9.2	8.1	8.0	9.5	7.8	11.1	—	450.0	32.1
1995	109.4	24.2	137.4	9.1	8.6	6.3	4.4	6.2	8.4	7.3	10.0	8.0	8.0	—	430.0	30.7
1996	109.9	24.6	141.9	10.1	9.3	6.5	4.5	7.1	6.1	7.5	10.0	8.0	9.0	—	430.0	30.7
1997	111.7	25.2	155.6	10.5	9.9	6.1	4.6	9.0	6.9	7.7	10.0	8.0	9.0	—	440.0	31.4
1998	112.7	26.0	175.8	10.8	9.8	7.4	4.5	9.0	6.7	8.1	10.0	7.0	11.0	—	460.0	32.9
1999	113.6	26.2	206.6	11.0	9.0	7.0	6.0	8.9	6.6	8.0	8.9	6.2	9.8	8.0	420.0	30.0
2000	113.2	25.8	207.8	11.0	9.0	7.0	5.0	10.0	7.4	8.9	10.0	7.0	11.0	9.0	400.0	28.6
2001	113.1	25.7	195.0	12.0	8.0	8.0	6.0	6.7	4.9	6.0	6.7	4.7	7.3	6.0	380.0	27.1
2002	110.8	25.9	421.3	10.0	10.0	8.0	6.0	—	—	—	—	—	—	6.0	360.0	25.7
2003	110.0	25.4	330.5	12.0	11.0	8.0	6.0	—	—	—	—	—	—	6.0	350.0	25.0
2004	111.2	25.0	—	12.0	11.0	8.0	6.0	—	—	—	—	—	—	6.0	340.0	24.3

注：エネルギー消費構造を推計する際に、鉄道部門、水運部門、航空部門の旅客輸送エネルギー消費原単位について、中国国家発展と改革委員会総合運輸研究所の推計手法により、鉄道部門は1人・kmを1t・kmに、水運部門は1人・kmを1t・kmに、航空部門は14人・kmを1t・kmに設定した。
出所：「中国交通年鑑」より作成。

しては、幹線の蒸気機関車は徐々に内燃機関車と電気機関車に代替され、残された蒸気機関車の多くは運行条件の厳しい支線で使用されたので、蒸気機関車エネルギー消費原単位は大きくなった。また、「改革・開放」以来、中国政府は道路建設への投資がどんどん拡大し、地理条件の厳しい地域にも道路が整備されているので、道路輸送のエネルギー消費原単位は大きくなっている。近数年の水運部門のエネルギー消費原単位について、河川船舶、沿海船舶、遠洋船舶の原単位が公表されなかったが、水運部門全体の平均水準が公表されている。原単位データが得られない年次のエネルギー消費量を推計する場合には近い年代のデータを適用した。なお、エネルギー消費量を低位発熱量換算してJoule単位で示す。電力は二次エネルギー、3,596kJ/kWhとして分析する。

3.2 エネルギー消費構造の推計式

3.2.1 貨物輸送と地域間旅客輸送

貨物輸送と地域間旅客輸送は輸送の特徴と利用機関の共通性があるので、計算式で表記した。

(1) 鉄道部門

鉄道部門のエネルギー消費量は次の式(1)で推計される。

$$E_{R,t} = \sum_i \sum_j Q_{R,ij} \cdot x_{R,tij} \cdot y_{R,tij} \quad (1)$$

ここで、

$E_{R,t}$: t 年における鉄道部門エネルギー消費量。

t : 推計年。 $t=1985\sim 2004$ 年。

i : 旅客貨物別。 1: 貨物輸送, 2: 地域間旅客輸送。

j : 輸送機関別。 1: 蒸気機関車, 2: 内燃機関車, 3: 電気機関車。

Q : 輸送量。

x : 輸送機関別輸送量の構成比。

y : 輸送機関別エネルギー消費原単位。

(2) 道路部門

道路部門のエネルギー消費量は次の式(2)で推計される。

$$E_{H,t} = \sum_i \sum_j Q_{H,ij} \cdot x_{H,tij} \cdot y_{H,tij} \quad (2)$$

ここで、

$E_{H,t}$: t 年における道路部門エネルギー消費量。

j : 車種別。 1: ガソリン車, 2: ディーゼル車。

(3) 水運部門

水運部門のエネルギー消費量は次の式(3)で推計される。

$$E_{W,t} = \sum_i \sum_j \sum_k Q_{W,tijk} \cdot y_{W,tijk} \quad (3)$$

ここで、

$E_{W,t}$: t 年における水運部門エネルギー消費量。

j : 船舶種別。 1: 河川船舶, 2: 沿海船舶, 3: 遠洋船舶。

k : 直属・地方企業別。 1: 直属企業, 2: 地方企業。

(4) 航空部門

航空部門エネルギー消費量は次の式(4)で推計される。

$$E_{A,t} = \sum_i Q_{A,ti} \cdot y_{A,ti} \quad (4)$$

ここで、

$E_{A,t}$: t 年における航空部門エネルギー消費量。

(5) パイプライン部門

パイプライン部門のエネルギー消費量は次の式(5)で推計される。

$$E_{L,t} = E_{L,t}^L + E_{L,t}^P \\ = \sum_l Q_{L,tl} \cdot m_{L,tl}^L + \sum_l Q_{L,tl} \cdot y_{L,tl}^P \quad (5)$$

ここで、

$E_{L,t}$: t 年におけるパイプライン部門エネルギー消費量。

$E_{L,t}^L$: t 年におけるパイプライン部門エネルギー損失量。

$E_{L,t}^P$: t 年におけるパイプライン部門動力用電力消費量。

l : 油・気別。 1: 原油, 2: 天然ガス。

m : 単位輸送量当たり損失量。

文献12)には1990~1997年の石油、天然ガスの損失量と動力用電力消費量のデータが掲載されており、本研究では、これらのデータに基づいて単位輸送量当たり損失量と動力用電力消費原単位を算出し、2004年までに適用した。

3.2.2 都市内旅客交通

中国では「改革・開放」以来、沿岸部の経済開発が急速に進むにつれ、地域格差が顕著になるとともに、都市規模による発展水準の大きな差も存在している。我々はこれらの状況に対して、「中国城市統計年鑑」と「中国人口統計年鑑」¹³⁾に基づいて、中国を4地域(巨大都市(人口200万人以上)、大都市(人口50~200万人)、中小都市(人口50万人以下)、農村(その他))に分けて、中国のエネルギー・環境問題について、いくつかの研究報告を行ってきた¹⁴⁾⁻¹⁶⁾。本稿では、都市内旅客交通エネルギー消費構造について巨大都市、大都市、中小都市の輸送需要構造とエネルギー消費構造を推計した。都市内旅客交通の輸送量については、単位人口1日当たりのトリップ数が比較的安定しているため、一人当たりのトリップ数(トリップ原単位)に地域内の人口を乗じることによって都市部のトリップ数を推計した。中国城市交通ホームページ⁸⁾には北京、

上海、天津、鄭州、石家荘、杭州、成都、貴陽、株州、南寧、蘭州、南京、蘇州、寧波、珠海、徐州、長沙、温州、鎮江、合肥、ウルムチ21都市のパーソントリップ調査結果が公表されている。これらのパーソントリップ調査には目的別トリップの構成、輸送手段別の構成、トリップ原単位、輸送手段別平均トリップ需要時間の調査項目がある。また、近年都市規模によるパーソントリップ特徴の研究^{9),10)}も公表され、都市規模別トリップ原単位が掲載されている。筆者はこれらの研究結果を参考にし、トリップ原単位を下記のとおり、巨大都市:2.20回/人・日、大都市:2.30回/人・日、中小都市:2.55回/人・日に設定した。

輸送手段には徒歩、自転車、公共交通、公務用車、タクシー、オートバイ、乗用車とその他がある^{8),10)}。中国城市轨道交通ホームページには都市別公共バス、電車(トロリーバス、中国ではトロリーバスを電車の一部として扱う)の輸送量とタクシーの保有台数が公表されている。地下鉄はすべて巨大都市に整備されたもので、これらのデータにより巨大都市、大都市と中小都市の公共バス、電車、地下鉄とタクシーの輸送量を推計できる。他の輸送手段の輸送量は各都市輸送手段別の構成を参考にして設定した。各年の乗用車、公務用車、オートバイの輸送量はそれぞれの保有台数により推計した。

エネルギー消費量は次の式(6)で推計される。

$$E_t = \sum_u \sum_v P_{t,u} \cdot T_u \cdot x_{t,v} \cdot L_{uv} \cdot y_v \quad (6)$$

E_t : t 年における都市内交通エネルギー消費量。 $t=1985 \sim 2004$ 年。

$P_{t,u}$: t 年における地域別人口数。

u : 地域別。 1:巨大都市, 2:大都市, 3:中小都市。

v : 輸送手段別。 1:公共バス, 2:電車(主にトロリーバス), 3:地下鉄, 4:タクシー, 5:オートバイ, 6:公務用車(バス), 7:公務用車(乗用車), 8:乗用車。

T_u : 地域別一人当たり年間トリップ数。

$x_{t,v}$: 輸送手段別輸送量の構成比。

L_{uv} : 地域別輸送手段別トリップ長。文献9)と文献17)には輸送手段別輸送スピードの設定値があり、中国城市轨道交通ホームページと文献9)には輸送手段別トリップ需要時間が掲載されており、輸送手段別トリップ長の推計ができる。また、文献9),10)の研究結果によりトリップ長、トリップ需要時間は都市規模と正の相関関係があり、その結果を参考にし、巨大都市、大都市と中小都市のトリップ長を表一3に示すように設定した。

y_v : 各輸送手段のエネルギー消費原単位。中国エネルギー研究所の輸送手段別エネルギー消費原単位の比較¹⁷⁾を参考にし、表一3に示すように設定した。

■表一3 輸送手段別エネルギー消費原単位とトリップ長

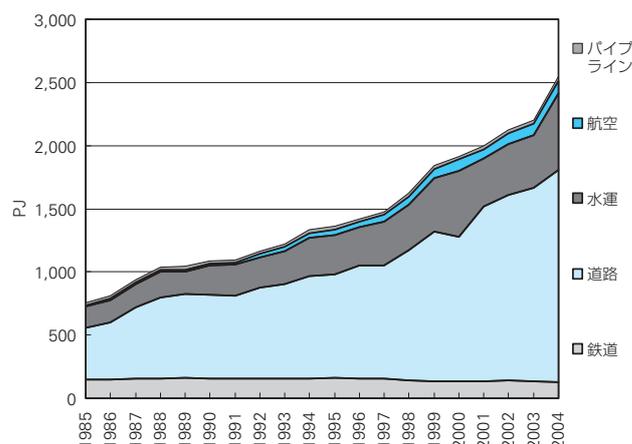
輸送手段	エネルギー消費原単位	トリップ長/km		
	kJ/人・km	巨大都市	大都市	中小都市
乗用車	2,250	10.0	7.5	6.7
公務用車(バス)	278	13.3	12.0	10.0
公務用車(乗用車)	2,250	13.3	12.0	10.0
タクシー	2,250	8.3	8.3	6.7
公共バス	278	8.8	7.5	5.0
電車	125	13.3	10.0	—
地下鉄	139	20.4	—	—
オートバイ	1,556	6.0	6.0	6.0

注: 文献8), 9), 10), 15)の研究結果により作成。

4——推計結果及び考察

4.1 貨物輸送

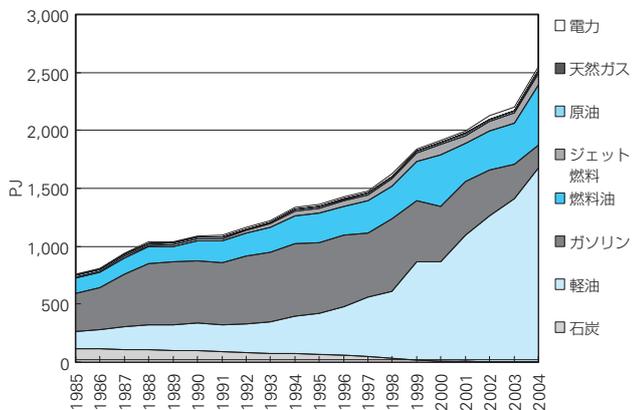
1985~2004年における輸送機関別貨物輸送エネルギー消費量の推移を図一2に示す。貨物輸送エネルギー消費量は1985年の756PJから2004年には2548PJの3.37倍と大きく増加している。特に、道路部門のエネルギー消費量の増加が著しい。道路部門のエネルギー消費量の割合は1985年の約54%から2004年の66%と増大している。道路部門エネルギー消費量増加の背景には、改革・開放政策の実施に伴い道路網の整備・延長によるインフラ整備と道路運輸の民間輸送業者の参入により輸送量が拡大したこと、エネルギー消費原単位が大きいこと等がある。一方、鉄道部門のエネルギー消費量の割合は1985年の19%から2004年の5%と大きく減少している。航空部門はエネルギー消費原単位が高いものの、輸送量が少ないので、最大の2004年も5%強と小さい値となっている。パイプラインは輸送損失を含んでも、2004年時点で1.3%でしかない。



■図一2 輸送機関別貨物輸送エネルギー消費量の推移(1985~2004年)

1985~2004年における燃料種別貨物輸送エネルギー消費量の推移を図一3に示す。石炭消費量の減少と軽油消費量の増加が著しい。石炭消費量の割合は蒸気機関車の淘汰とともに、1985年の15%から減少し、2004年

にはなくなった。軽油消費量の割合は1985年の20%から2004年の66%と大きく増加している。ガソリン消費量の割合は1985年の44%から80年代末にいったん50%を超えたものの以後減少に転じ、2004年には貨物部門全体消費量の8%を占めている。燃料油消費量の割合は1985年の17%から2004年の24%に増加している。航空輸送能力の拡大により、ジェット燃料が大きく伸びているものの、貨物輸送に占める割合は2004年でも4%強と小さい値となっている。電力の消費量は電気機関車の普及、パイプライン輸送量の増加とともに、電力の消費量が大きく伸びているものの、貨物輸送全体に占める割合は2004年においても1.5%未満の小さい値となっている。原油と天然ガスの消費量は、パイプラインの損失量であり、貨物輸送全体に占める割合は2004年の1%未満と小さい値となっている。

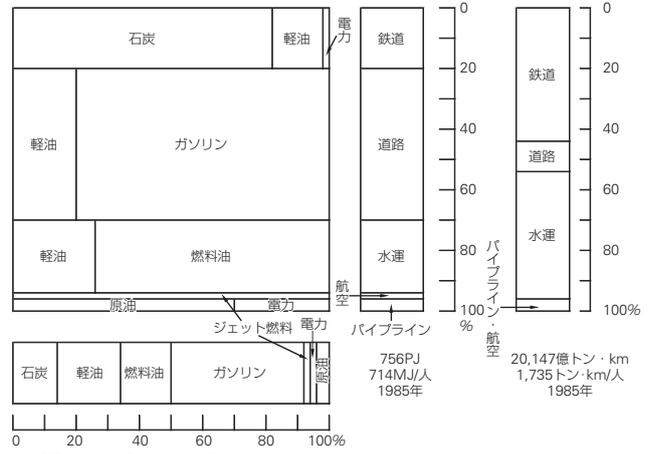


■図-3 燃料種類別貨物輸送エネルギー消費量の推移(1985～2004年)

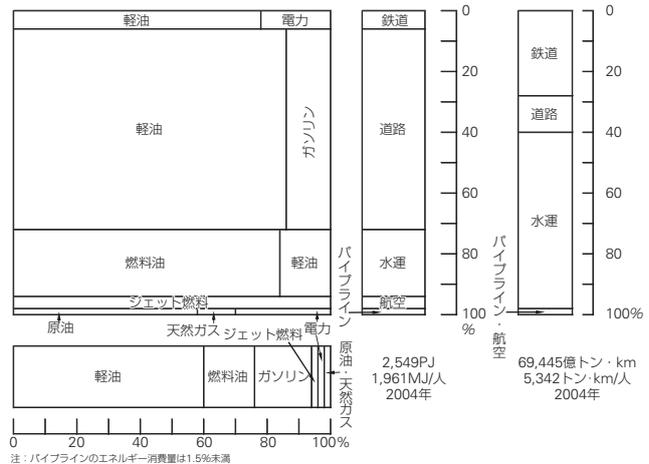
以上のエネルギー消費分析により、各年のエネルギー消費マトリックスの作成が可能になる。1985年と2004年における貨物部門エネルギー消費マトリックスと輸送量構成を図-4,5に示す。図-4,5によると、改革・開放以来、貨物輸送の輸送量とエネルギー消費量とも大きく拡大している。一人当たり輸送量は1985年の1,735トン・kmから2004年の5,342トン・kmに3.08倍拡大した。一人当たりエネルギー消費量は1985年の714MJ/人から2004年の1961MJ/人と2.75倍に拡大した。鉄道部門輸送量の分担率は1985年の44%から2004年の28%と減少しており、同エネルギー消費量の割合は19%から5%となっている。道路部門輸送量の分担率は1985年の10%から2004年の11%に拡大し、同エネルギー消費量の割合は54%から66%となっている。水運部門輸送量の分担率は1985年の42%から2004年の60%へと拡大しているが、同エネルギー消費量の割合は23%から24%になっている。

4.2 地域間旅客輸送

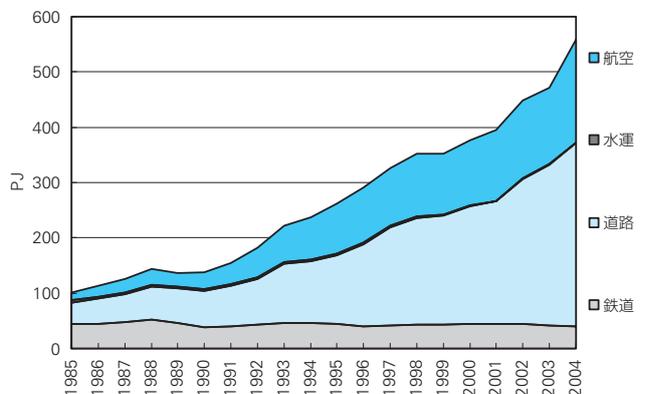
1985～2004年における輸送機関別地域間旅客輸送エネルギー消費量の推移を図-6に示す。地域間旅客輸送



■図-4 貨物輸送エネルギー消費マトリックスと輸送量構成(1985年)



■図-5 貨物輸送エネルギー消費マトリックスと輸送量構成(2004年)

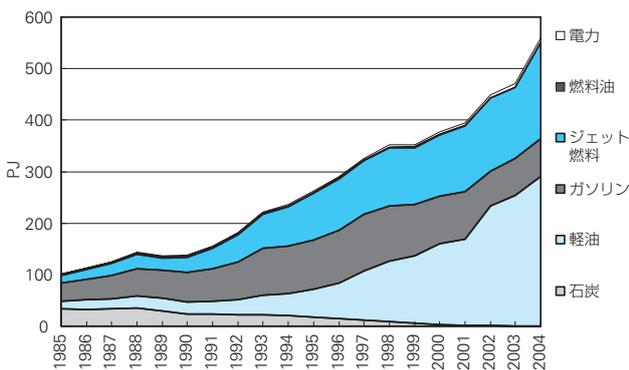


■図-6 輸送機関別地域間旅客輸送エネルギー消費量の推移(1985～2004年)

エネルギー消費量は1985年の102PJから2004年には559PJの5.50倍と大きく増加している。特に、道路部門と航空部門のエネルギー消費量の増加が著しい。地域間旅客輸送エネルギー消費量に対する割合は、道路部門が1985年の39%から2004年の59%と増大している。航空部門は1985年の15%から2004年の33%と大きく上昇している。航空部門エネルギー消費量増加の背景には、経済発展と所得水準の向上、それによる移動時間短縮要求の増加を受けた航空路線の拡充がある。表-1に示すように、水運部門の輸送量は1985年には4%でもともと少な

かったが、徐々に減少し2004年時点では0.4%でしかない。水運部門の域間旅客輸送エネルギー消費量に対する割合は、1985年は3%であったが、2004年は0.2%未満となった。

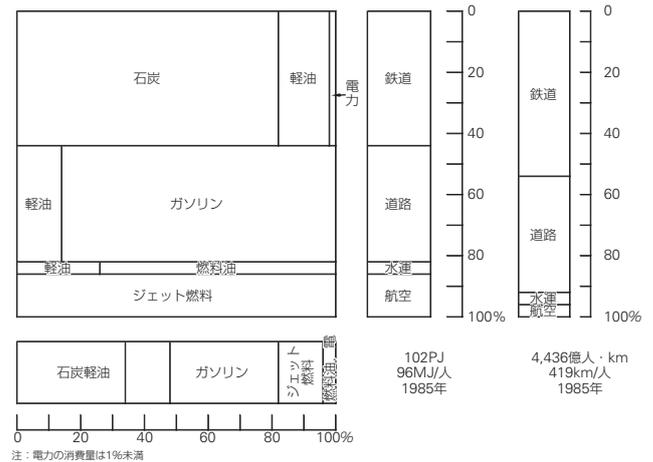
1985～2004年における燃料種類別地域間旅客輸送エネルギー消費量の推移を図7に示す。石炭から石油への代替が進み、石炭のエネルギー消費量シェアの減少が著しい。特に、90年代に入ってから、蒸気機関車の淘汰に従って、石炭消費量は急激に減少している。1985年には石炭消費量の割合が33%以上占めていたが、2004年には消滅した。一方、軽油消費量の増加は非常に顕著であり、軽油消費量の割合は1985年の15%から2004年の52%と大きく増加している。近年、ガソリンの消費量は減少傾向にあり、ガソリン消費量の割合は1985年には34%であったが、2004年には13%に減少した。航空部門では輸送能力の拡大と大きなエネルギー消費原単位により、ジェット燃料消費量の割合が1985年の15%から2004年の33%に大きく伸びている。電力消費量は電気機関車の普及により大きく伸びているものの、旅客交通エネルギー消費量に占める割合は小さい値に留まっている。



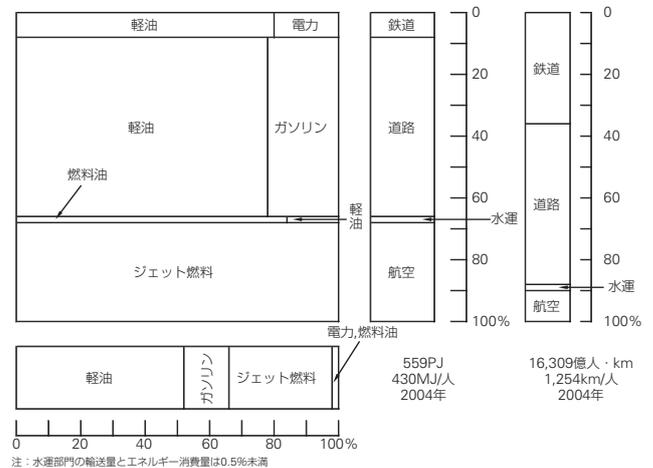
■図7 燃料種類別地域間旅客輸送エネルギー消費量の推移 (1985～2004年)

1985年と2004年における地域間旅客輸送エネルギー消費マトリックスと輸送量構成を図8,9に示す。鉄道部門輸送量の分担率は1985年の54%から2004年の35%へ減少しており、同エネルギー消費量の割合は43%から7%となっている。道路部門輸送量の分担率は1985年の39%から2004年の54%と大きく増大し、同エネルギー消費量の割合は39%から59%になっている。水運部門輸送量の分担率は1985年の4%から2004年の1%未満と減少しており、同エネルギー消費量の割合は3%から0.5%未満となっている。航空部門輸送量の分担率は1985年の3%から2004年の11%と増大していて、同エネルギー消費量の割合は15%から33%と大きく増大している。地域間旅客輸送の輸送量とエネルギー消費量の増加が著しい。一人当たり輸送量は1985年の419km/人から2004年の1254 km/人に2.99倍

拡大した。一人当たりエネルギー消費量は1985年の96MJ/人から2004年の430MJ/人になり4.48倍拡大した。



■図8 地域間旅客輸送エネルギー消費マトリックスと輸送量構成 (1985年)

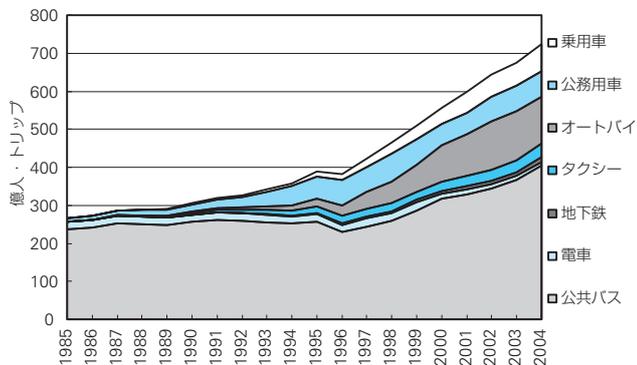


■図9 地域間旅客輸送エネルギー消費マトリックスと輸送量構成 (2004年)

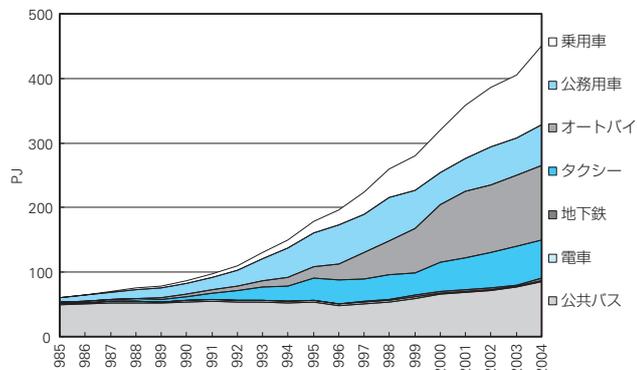
4.3 都市内旅客交通

1985年～2004年における都市内旅客交通機関別輸送量(自転車と徒歩を除く)の推移を図10に示す。1985年の266億人・トリップから2004年には740億人・トリップの2.78倍と増加している。公共バスは都市内旅客交通の重要な役割を担っているが、近年オートバイ、乗用車の普及により、個人交通量が急速に増大している。1985年～2004年における都市内旅客交通機関別エネルギー消費量の推移を図11に示す。1985年の61PJから2004年には451PJの7.42倍と大きく増加している。一人当たりエネルギー消費量は1985年の286MJ/人から2004年には839MJ/人の約3倍と拡大している。近年乗用車、オートバイとタクシーの普及により個人交通のエネルギー消費量の増加が顕著である。1985年～2004年における都市内旅客交通燃料種類別エネルギー消費量の推移を図12に示す。ガソリン消費量の増加は著しく、21.7倍に増大している。その原因としては、乗用車、オートバイとタクシーのエネル

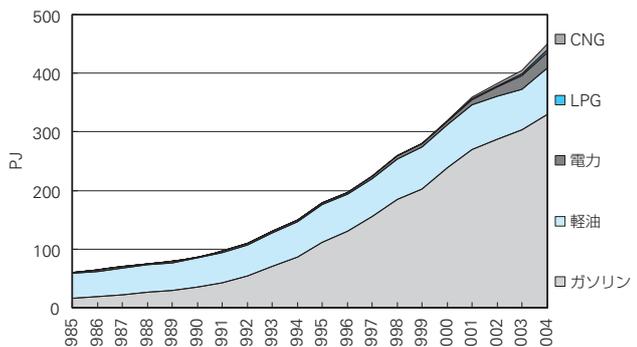
ギー消費量の増加が著しい。今後経済発展と都市化の進行による乗用車やオートバイ保有台数の拡大が予想されており、ガソリンの消費量は一層増大すると考えられる。一方、電力、CNGとLPGの消費量は大きく伸びていく傾向があるが、現時点では小さい値に留まっている。



■図-10 都市内旅客交通における機関別輸送量の推移(1985年～2004年)



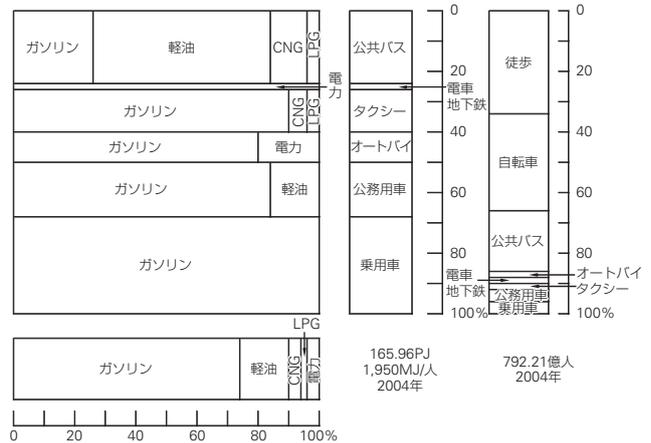
■図-11 都市内旅客交通における機関別エネルギー消費量の推移(1985年～2004年)



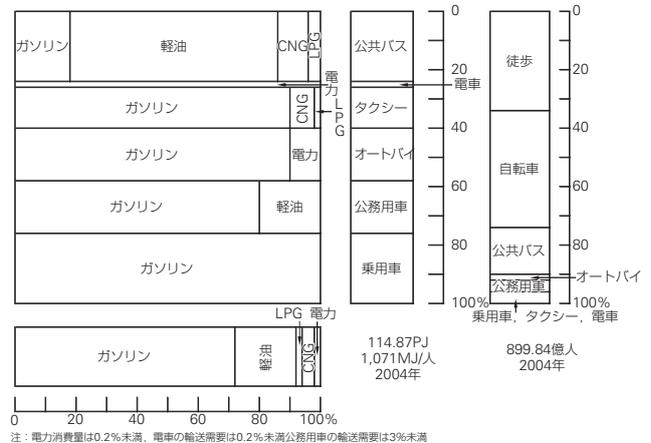
■図-12 都市内旅客交通における燃料種類別エネルギー消費量の推移(1985年～2004年)

2004年における巨大都市、大都市、中小都市のエネルギー消費マトリックスと交通量の構成を図-13～15に示す。2004年の都市内旅客交通のエネルギー消費量は450PJである。巨大都市、大都市、中小都市のエネルギー消費量はそれぞれ165.96、114.87、170.06PJであり、一人当たりエネルギー消費量はそれぞれ1,950、1,071、485MJ/人である。図-13～15によると、日常生活にはパーソントリップの多くは徒歩と自転車による短距離パーソントリップで

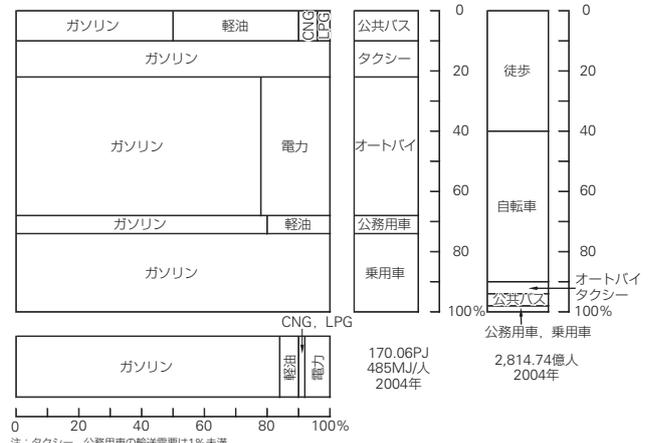
あり、中小都市の場合は徒歩と自転車の分担率が90%以上を占めている。また、都市部発展の格差と都市規模による都市内公共交通の水準は大きな差が見える。都市内公共交通の分担率は巨大都市20%、大都市16%、中小都市5%未満である。電車は巨大都市と大都市で使われているが、輸送量に占める割合は非常に少ない。地下鉄は巨大都市だけであり、輸送量に占める割合は非常に少ない。中小都市ではオートバイのエネルギー消費量の割合は非常に高く、5割以上を占めている。



■図-13 巨大都市都市内交通エネルギー消費マトリックスと輸送量の構成(2004年)



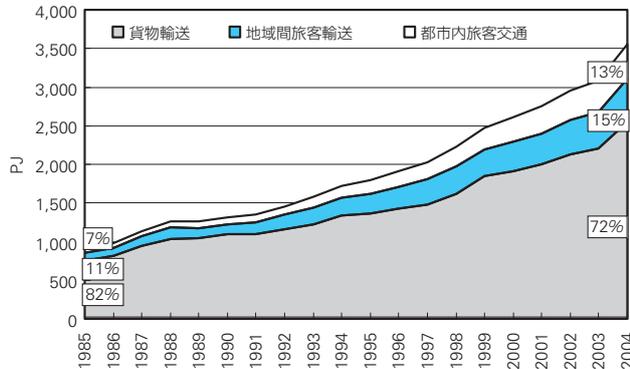
■図-14 大都市都市内交通エネルギー消費マトリックスと輸送量の構成(2004年)



■図-15 中小都市都市内交通エネルギー消費マトリックスと輸送量の構成(2004年)

4.4 総合エネルギー消費

1985年～2004年における中国交通運輸部門のエネルギー消費量の推移を図-16に示す。エネルギー消費量は1985年の919PJから2004年には3,559PJの3.87倍と大きく増加している。貨物輸送、地域間旅客輸送と都市内旅客交通のエネルギー消費量はそれぞれ3.37倍、5.50倍、7.42倍と増大している。



■図-16 交通運輸部門エネルギー消費量の推移(1985年～2004年)

貨物輸送のエネルギー消費量は交通運輸部門の70%以上を占めているが、エネルギー消費量の増加は旅客交通の方が大きい。また、都市内旅客交通エネルギー消費量の増加は地域間旅客輸送より速いと見られる。今後、経済発展と都市化の進行に伴い、都市部人口の増加、市街地の拡大、マイカー時代の到来により、都市内旅客交通のエネルギー消費量の増加がさらに加速すると考えられる。

5——終わりに

本研究の研究成果は次6点に要約される。

- (1) 中国交通年鑑統計データを基礎とした貨物輸送と地域間旅客輸送のエネルギー消費実態推計と、都市部パーソントリップ調査結果を用いた都市内旅客交通のエネルギー消費実態推計をあわせて行うことにより中国における全交通運輸部門エネルギー消費量を算出し、1985年から2004年までの経年的な動向を解析した。
- (2) 貨物輸送、地域間旅客輸送、都市内旅客交通について、それぞれの輸送機関別・燃料種類別のエネルギー消費構造の変化動向を解析し、1985年時点と2004年の比較を行った。
- (3) 都市内旅客交通については巨大都市、大都市、中小都市によるエネルギー消費構造の違いについても解析した。
- (4) 貨物輸送エネルギー消費量は1985年の756PJから2004年には2,548PJの3.37倍と大きく増加しており、一人当たりエネルギー消費量は1985年の714MJ/人から2004年の1961MJ/人に2.75倍拡大している。道路部門

の伸びが顕著であり、それを受けて軽油消費量が急速に伸びている。

- (5) 地域間旅客輸送エネルギー消費量は1985年の102PJから2004年には559PJの5.50倍と大きく増加しており、一人当たりエネルギー消費量は1985年の96MJ/人から2004年の430MJ/人に4.48倍拡大している。道路部門と航空部門の伸びが顕著であり、それを受けて軽油とジェット燃料の消費量が急速に伸びている。
- (6) 都市内旅客交通エネルギー消費量は1985年の61PJから2004年には451PJの7.42倍と大きく増加しており、一人当たりエネルギー消費量は1985年の286MJ/人から2004年の839MJ/人に約3倍拡大している。特に、個人交通の乗用車とオートバイの急成長によりガソリン消費量の増加が非常に著しい。

以上の成果は今後の中国エネルギー供給計画、省エネルギー対策、大気汚染防止対策ならび気候変動対策の観点から中国交通運輸部門輸送需要とエネルギー消費動向の予測、対策効果を検討するうえで重要な基礎となるとともに、地域間及び都市交通計画にも参考となるものと考えられる。

謝辞: 本研究を進めるにあたり元中華人民共和国交通部総合企画司李興華氏、交通部科学研究院王輝氏、国家発展和改革委員会総合運輸研究所朱俊峰氏、国家発展和改革委員会能源研究所朱躍中氏、胡秀蓮氏にご助言とデータ提供を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 寧亜東・外岡豊 他[2004]，“中国交通部門における輸送需要の推移及びエネルギー消費構造に関する研究”，「第13回日本エネルギー学会年次大会論文集」，pp. 336-337。
- 2) 寧亜東・外岡豊 他[2005]，“中国における大気汚染物質と温室効果ガス排出量の将来動向と対策効果予測モデル分析—その10 中国交通部門輸送需要構造の推移とエネルギー消費構造に関する分析と推計”，「エネルギー・資源学会第24回研究発表会講演論文集」，pp. 13-16。
- 3) 寧亜東・外岡豊 他[2005]，“中国交通部門における輸送需要とエネルギー消費構造の将来予測と対策効果分析”，「第14回日本エネルギー学会年次大会論文集」，pp. 364-365。
- 4) 寧亜東・外岡豊・周璋生[2006]，“中国地域別交通運輸部門の輸送需要特徴とエネルギー消費構造分析”，「第25回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集」，pp. 155-158。
- 5) 中華人民共和国交通部編(各年版)，『中国交通年鑑』，中国交通人民出版社。
- 6) 中華人民共和国国家統計局編(各年版)，『中国統計年鑑』，中国統計出版社。
- 7) 中華人民共和国国家統計局城市社会経済調査総隊編(各年版)，『中国城市統計年鑑』，中国統計出版社。
- 8) 中国建設部城市交通センター，“城市交通ホームページ”，<http://www.chinautc.com/>
- 9) 毛海斌[2005]，“中国城市居民出行特徴研究”，「北京工業大学博士学位論文」。
- 10) 鄒志雲・蔣忠海・胡程・梅亜南[2008]，“国内不同類型城市居民出行特徴分析”，「武漢理工大学学報」，第32巻，第3期，pp. 554-557。
- 11) 中華人民共和国国家統計局編[2005]，『新中国55年統計資料匯編』，中国統計出版社。

12) 周大地 他[2003], 『2020中国持続可能エネルギー情景』, 中国環境科学出版社.
13) 国家統計局人口和社会科技司編(各年版), 『中国人口統計年鑑』, 中国統計出版社.
14) 寧亜東[2006], “中国の家庭部門エネルギー・環境問題に関する現況分析と対策効果の予測”, 『埼玉大学博士学位論文』.
15) 寧亜東・外岡豊 他[2002], “中国における大気汚染物質と温室効果ガス排出量の将来動向と対策効果予測モデル分析—その3 地域別・年齢別人口モデルとエネルギー消費量推計”, 『第18回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集』, pp. 573-578.

16) 寧亜東・外岡豊 他[2002], “中国における大気汚染物質と温室効果ガス排出量の将来動向と対策効果予測モデル分析—その4 中国の人口構成と都市化度別消費水準動向を反映した将来シナリオ分析”, 『エネルギー・資源学会第21回研究発表会講演論文集』, pp. 27-32.
17) 胡秀蓮 他[2001], 『中国温室気体減排技術選択, 対策評価』, 中国環境科学出版社.

(原稿受付 2008年8月11日)

Energy Consumption Structure of Transportations Sector in China —Trend Analysis from 1985 to 2004—

By Yadong NING and Yutaka TONOOKA

Energy consumption trend of transportation sector in China from year 1985 to 2004 by three category; freight, inter-regional passenger traffic and urban passenger traffic, is analyzed using statistics of transportation and energy consumption and person trip surveys. As the basic data of the trend, transportation statistics in China is used. To estimate accurate figure of urban passenger traffic, we used statistics of the cities in China and we prepared unit traffic demand factors by three ranks of city size derived from person trip survey. Estimated energy consumption of transportation sector in China in 2004 is 3559PJ including international shipping, freight 2548PJ, inter-regional passenger traffic 559PJ, urban passenger traffic 451PJ. The total energy consumption of transportation sector in China in 2004 is 3.87 times of that in 1985.

Key Words : **China, transportations, energy consumption, freight, passenger traffic**
