

<概要>

科学技術政策研究所は、アジア各国の2000、2010年のエネルギー消費に伴う地球環境影響物質（SO_x、NO_x、CO₂）排出量を推計することで、地球環境への負荷の見通しを把握し、地球・環境への負荷を軽減する要因について検討する基礎資料とするため、将来のCO₂の排出量を推計した。その結果、CO₂排出量の安定化のためには、エネルギー消費に関して特別の政策をとらない自然体ケースよりも、省エネルギーおよび環境負荷の小さい新エネルギー開発・普及を目指す技術進歩ケースの方が望ましいことが、明らかになった。

最近のアジア・オセアニアのCO₂排出量の推移、また、主要な国のCO₂排出原単位の予想を参考のため示した。

<更新年月>

2004年02月 （本データは原則として更新対象外とします。）

<本文>

CO₂（二酸化炭素）やメタンなどは、温室効果ガスとも呼ばれている。産業革命以前は、これらの総量は比較的安定していたが、産業革命以降、世界の人口増加、工業化の進展、農業の発展につれて、著しく増加した。温室効果ガスによる地球温暖化が引き起こす影響としては、温暖化に伴う海面上昇による沿岸・河川の洪水、地滑り、暴風雨、台風等の気候の変化、熱波による死亡、伝染病の増加、森林分布の変化などの生態系への影響がある。アジア地域では、近年、人口増加と経済発展が顕著で、エネルギー消費が増大している。そこで、科学技術政策研究所は、地球環境影響物質の排出量推計を行った。

1. 地球環境影響物質の排出量推計の設定条件

アジア各国の2000、2010年のエネルギー消費に伴う地球環境影響物質（SO_x、NO_x、CO₂）排出量を推計することにより、地球環境への負荷の見通しを把握し、地球・環境への負荷を軽減する要因について検討する基礎資料とするため、環境対策について次の3ケースを想定し、アジア地域におけるエネルギー消費の予測における2ケースに対し表2に示す組み合わせで将来の排出量を推計した。

・ケースA：現状固定ケース

現状のままで推移し、今後新たな環境対策が実施されないことを想定したケース

・ケースB：対策普及ケース

各国の国情に見合った環境対策が普及・実施されたことを想定したケース

・ケースC：日本並ケース

2000年、2010年において、現在の日本で行われている環境対策がアジアの全ての国で実施されたことを想定したケース

ケースAでは、エネルギー需要の増大に伴い、地球環境への負荷は更に増大していくことが見込まれる。これは、現在の技術水準で実施可能な範囲で環境対策が普及（ケースB）し、または日本と同等の環境対策が行われた場合（ケースC）に、環境負荷にどう影響するのかを把握するための比較資料とする。なお、CO₂については環境対策を想定せず、エネルギー消費量のみに影響されるものとした。これは、排出される量が余りに大量であり、将来何らかの方法で廃棄または固定化するにせよ、輸送も含めてその処理のためにさらに大量のエネルギーが必要となり、これに伴ってさらなるSO_x、NO_x、CO₂が排出されるという悪循環となるとの観点から、CO₂への

対応は省エネルギー等により排出量を抑制することが最も望ましいと考えたためである。

2. CO₂排出量の推計方法

国別CO₂排出量の推計は、エネルギーの利用形態によって排出量も異なってくることから、27燃料種類、17消費部門（表1参照）別に推計することとした。各ケース毎に燃料単位消費量当たりの排出量（排出係数）を設定し、燃料消費量との積により排出量を推計した。なお、各エネルギー消費量は予測値（4燃料分類、12消費部門）をトレンドによる比率で、さらに細分して用いている。

・ケースAにおける排出係数の設定

本ケースは、環境対策等において改善がなされないケースであり、1987年時点における排出係数をそのまま使用する。ただし、日本については、現状においてかなりの環境対策等が実施されていることから、将来においても同程度の環境対策等が行われているものと考え、独自の排出係数を使用する。ここで設定したCO₂排出係数を、表2に示す。

3. CO₂排出量の推計結果

アジア地域の2000年、2010年におけるCO₂排出量について、表3の組み合わせに基づく推計結果を以下に述べる。

(1) CO₂排出量の地域別将来動向

表4にアジア各国及び中国、インド国内の地域別のCO₂排出量の推計結果を示した。なお、CO₂排出量の推計は、含有するC分が全て排出されるものとしており、その削減は専ら省エネルギーによって実施されるものとしていることから、次のとおりケース1とケース2の対比のみとした。

ケース1（自然体ケース）

エネルギー消費に係る特段の追加的な政策がとられない場合で、各国の既往のエネルギー見通し又は実績の傾向をトレンドしたケース。

ケース2（技術進歩ケース）

全消費部門において、エネルギー消費に係る新たな技術革新がとられることによる省エネルギーおよび環境負荷の小さい新エネルギー開発・普及が図られるケース。

また、化石燃料と異なり、植物性燃料から放出されるCO₂は、植物性燃料自身の再生産の過程で大気中からCO₂を吸収しているので、燃焼しても元に戻すだけでネットとしては0と考えた。植林等により消費に見合った再生産がなされる場合には、地球環境保全に有効なものと取り扱えられるが、将来経済が発展し生活水準が上昇するに従い、必ず植物性燃料から化石燃料への転換が加速されるものと考えられる。このため、開発途上国の植物性燃料の消費を今後どのように位置づけていくのかを明らかにしていく必要があることから、ここでは植物性燃料からの排出量も含めて整理している。

1987年におけるCO₂排出量は14.6億トンと推計されているが、その後（2000年、2010年）の推移について2ケースについてみる。

a. ケース1：このケースでは、CO₂排出量が2000年22.0億トン、2010年30.3億トンと対1987年比で1.5、2.1倍、年平均伸び率3.2%、3.3%とSO_x、NO_xと同様に飛躍的な伸びを示している。2000年を各国別にみると、大きいシェア順に中国（41.3%）、日本（16.4%）、インド

（15.0%）、韓国（5.4%）、インドネシア（5.0%）となっており5か国で全体の83.1%を占め、2010年も若干、中国、日本のシェアは下がるものの同様の傾向である。また、年平均伸び率の高い国は韓国、台湾、マレーシア、タイ、シンガポール等でSO_x、NO_xと同様な地域を示している。なお、中国の排出量は6.4億tから9.1億t、12.3億tと拡大し、中国の国内では北京、天津、上海、江蘇、漸折江、広東等で2～6%の高い年平均伸び率で推移、地域的拡大がみられる。

b. ケース2：このケースでは、CO₂排出量が2000年18.4億t、2010年21.6億tとなり、その対1987年比は1.6、1.5倍、年平均伸び率は1.8%、1.7%と省エネルギー対策の効果が反映され、ケース1に比べて16%～30%低減された排出量となっている。また、各国別シェアはケース1とほぼ同様である。一方、中国では2000年7.5億t、2010年8.6億tと年平均伸び率は1.2～1.3%であるが、国内の上海、江蘇、漸折江、広東の年平均伸び率は1987年～2000年は3～4%で推移し、その後2000～2010年は1.4%に低減する結果となっている。

以上2ケースの結果を、1人当たりの排出量に換算すると図1に示すとおりになる。1987年には532kg／人であったのが、2000年にはケース1で634kg／人、ケース2で1531kg／人、また2010年にはケース1で770kg／人、ケース2で548kg／人となる。2000年におけるCO₂排出量安定化のためには、少なくともケース2の対策を実施していくことが必要である。

(2) エネルギー源別にみたCO₂排出量の将来動向予測

図2にエネルギー源別アジア地域全体のCO₂排出量を示した。

1987年の排出量は14.6億tで、その排出源別のシェアは石炭49.0%、石油26.3%、ガス4.0%、

植物性燃料17.0%、セメント製造3.5%となっている。ケース1では、2000年、2010年には、石炭からの排出で排出係数がやや高い**褐炭**が減少することから、他に比べて伸び率がやや小さくなる。そのため相対的にシェアが若干低下する。また植物性燃料もエネルギー消費量の伸び率が小さいため同様に低下する。顕著に増加傾向を示しているのがガスからの排出量であり、1987年から2000年、2010年へと倍々と増加しており、シェアも急速に拡大している。

(3) 部門別にみたCO₂排出量の将来動向

図3 にエネルギー消費部門別にみたアジア地域の全体のCO₂排出量を示した。

1987年の排出量は14.6億tで、部門別にはエネルギー転換部門25.2%、産業部門34.4%、輸送部門9.5%、その他部門30.9%となっている。ケース1においては、その他部門のシェアが2000年で4%、2010年で6%減じ、他の部門はすべて増加している。特に、発電部門の増加が顕著であり、その他部門の減少した率にほぼ匹敵する増加となっている（ただし、エネルギー転換部門としては、シェアの増加はやや小さくなっている）。また、輸送部門も2%程度シェアを拡大している。ケース2では、発電部門の増加は少ないもののやはり2%前後シェアが増加している。なお、ケース1との比較において、植物性燃料のシェアが2~4%大きくなっているが、これは植物性燃料では省エネルギーを見込んでいないため、相対的にシェアが押し上げられたものである。ちなみに、植物性燃料を除いてシェアを計算するとその他部門のシェアは1~2%減少し、その分輸送部門のシェアが拡大することとなる。

4. CO₂排出量の推移

表5 にアジア・オセアニア地域の199年~2001年までのCO₂排出量の推移を示した。

また、比較のため**表6** に、世界の国々におけるCO₂排出原単位の予測を示した。これは同じ製品を作るのに排出する温室効果ガスを表す量で、中国、インドは他と比較して突出している。日本はこの表にはないが、フランス、ドイツ並みである。中国、インドは世界でも突出して石炭を使っている。石炭は、石油に比べるとCO₂、NO_x、SO_xを約2割~3割多く排出する。世界の石炭消費は、2001年の53億トンから、2025年の75億トンへと、22億トン増加すると予想される。アジアの発展途上国で石炭使用は、この間に、19億トン増加すると予想される。一方、中国とインドは2001年~2025年の間で世界の最終エネルギー消費全体の増加の28%を占めると考えられている。また、世界の石炭使用の増加の75%を占めると予想されている。

<関連タイトル>

[アジア地域におけるエネルギー消費の予測（1993年科学技術政策研究所）（01-07-02-02）](#)

[アジア地域におけるNO_x排出量の予測（科学技術政策研究所）（01-08-01-11）](#)

[アジア地域におけるSO_x排出量の予測（科学技術政策研究所）（01-08-01-12）](#)

[アジア・太平洋地域における環境問題の特殊性（01-08-04-02）](#)

<参考文献>

(1) 科学技術政策研究所：アジア地域のエネルギー利用と環境予測、大蔵省印刷局（1993年6月18日）

(2) 通商産業省：エネルギー'97、電力新報社（1997年10月10日）

(3) EIA：International Energy-Related Environmental Information, Table H1,

(4) EIA：International Energy Outlook 2003, Environmental Issues and World Energy Use, , Table28

表1 対象エネルギー消費部門と燃料分類

対象エネルギー消費部門

エネルギー消費部門	エネルギー消費部門細区分
エネルギー 転換部門	成形炭・BKBプラント
	コークス炉
	ガス工場
	石油精製
	発電
	その他・分類不可
	自家消費等
産業部門	鉄鋼
	化学・石油化学
	非金属鉱業
	その他・分類不可
輸送部門	航空
	道路
	鉄道
	国内船舶・分類不可
その他部門	住居
	農業・商業・公共・分類不可

対象エネルギー、燃料区分

エネルギー区分	燃料細区分
石炭	硬炭
	褐炭
	コークス
	成形炭
	BKB
	コークス炉ガス
	溶鉱炉ガス
	ガス工場ガス
ガス	天然ガス
石油	原油
	NGL
	製油所ガス
	LPG
	航空ガソリン
	自動車ガソリン
	ジェット燃料
	灯油
	軽油
	重油
	ナフサ
	その他石油製品
原子力	電力
水力他	電力
電力	電力
熱供給	熱供給
植物性燃料	バガス
	薪
	木炭
	ピート
	その他非商業用燃料

表2 検討ケース一覧表

<div>環境対策</div> <div>エネルギー需要</div>	現状固定 (A)	対策普及 (B)	日本並 (C)
自然体 (I)	○	○	—
技術進歩(II)	○	○	○

[出典] 科学技術庁科学技術政策研究所（編）：アジア地域のエネルギー利用と環境予測、大蔵省印刷局（平成5年6月18日）、p. 60

表3 CO₂排出係数

燃料種別	燃料単位	炭酸ガス換算ton	炭素換算ton
石炭	T0E	3.905	1.065
褐炭	T0E	4.088	1.115
コークス	T0E	3.182	0.868
成形炭	T0E	3.905	1.065
BKB	T0E	4.088	1.115
バガス	T0E	4.366	1.190
薪	T0E	4.366	1.190
木炭	T0E	4.088	1.115
ピート	T0E	4.088	1.115
その他非商業用燃料	T0E	4.366	1.190
ガス工場ガス	cal *	$2.141 \times 10^{** -4}$	$0.637 \times 10^{** -4}$
コークス炉ガス	cal *	$1.687 \times 10^{** -4}$	$0.460 \times 10^{** -4}$
高炉ガス	cal *	$10.963 \times 10^{** -4}$	$0.290 \times 10^{** -4}$
天然ガス	cal *	$2.312 \times 10^{** -4}$	$0.631 \times 10^{** -4}$
原油	ton	3.165	0.863
NGL	ton	3.070	0.837
製油所ガス	ton	2.933	0.800
LPG	ton	3.017	0.823
航空ガソリン	ton	3.063	0.835
自動車ガソリン	ton	3.132	0.854
ジェット燃料油	ton	3.157	0.861
灯油	ton	3.164	0.863
軽油	ton	3.187	0.869
重油	ton	3.219	0.878
ナフサ	ton	3.070	0.837
その他石油製品	ton	3.220	0.878
分類不可石油製品	ton	3.165	0.863

* $g-CO_2/cal$ 、 $g-C/cal$

〔出典〕 科学技術庁科学技術政策研究所（編）：アジア地域のエネルギー利用と環境予測、大蔵省印刷局（平成5年6月18日）、p.64

表4 アジア地域のCO₂排出量

(植物性燃料を含む)

(単位：1000t/年)

	国名	実績		ケースⅠ(自然体)		ケースⅡ(技術進歩)	
		1975年	1987	2000	2010	2000	2010
国別	1 中国	352,903	641,514	908,842	1,230,235	750,452	856,867
	2 日本	268,973	268,689	360,181	425,961	298,026	308,103
	3 インド	145,150	216,779	330,965	462,885	285,506	340,879
	4 インドネシア	39,195	67,319	109,457	164,245	99,116	128,408
	5 韓国	26,767	54,196	118,252	189,779	95,095	125,229
	6 北朝鮮	28,928	39,723	52,089	60,124	41,903	39,620
	7 台湾	11,830	26,037	65,848	114,951	53,053	76,032
	8 タイ	20,758	31,814	56,513	106,998	47,312	73,980
	9 パキスタン	10,403	20,221	31,792	33,960	27,182	25,749
	10 フィリピン	17,047	18,178	26,666	39,566	23,473	30,033
	11 マレーシア	6,758	12,197	30,864	52,034	25,510	36,080
	12 バングラデシュ	7,130	9,597	13,050	13,548	11,823	11,289
	13 ベトナム	10,406	11,124	13,966	15,719	12,775	13,120
	14 香港	3,598	9,282	19,174	31,691	15,441	20,954
	15 シンガポール	3,492	6,341	21,408	37,429	17,170	24,549
	16 その他	18,533	31,116	43,541	54,125	41,087	48,024
	アジア計	971,872	1,464,122	2,202,608	3,033,248	1,844,924	2,158,917
中国地域別	1 北京	14,207	22,681	31,166	42,240	25,683	29,224
	2 天津	9,358	13,707	20,334	27,398	16,732	18,947
	3 河北	24,756	44,052	56,334	76,378	46,536	53,353
	4 山西	17,952	33,176	40,248	54,346	33,231	38,071
	5 内蒙古	10,241	19,557	22,150	29,797	18,348	20,916
	6 遼寧	30,318	50,858	70,374	95,649	57,750	65,850
	7 吉林	13,111	22,194	25,223	34,148	20,954	24,019
	8 黒龍江	20,349	34,332	40,359	54,351	33,475	38,266
	9 上海	17,647	28,546	54,614	73,482	44,587	50,220
	10 江蘇	18,307	37,859	68,856	93,645	56,403	64,391
	11 浙江	6,969	15,970	32,824	44,828	26,895	30,794
	12 安徽	9,348	18,973	28,959	39,308	23,727	27,063
	13 福建	4,472	8,749	13,235	17,974	10,901	12,451
	14 江西	6,656	13,243	17,570	23,840	14,490	16,575
	15 山東	20,739	42,296	55,663	75,813	45,480	52,085
	16 その他	128,472	235,320	330,937	447,037	275,263	314,643
	中国計	352,903	641,514	908,841	1,230,235	750,452	856,867
インド地域別	1 アッサム	4,095	5,362	6,989	9,172	6,372	7,441
	2 ビハール	30,388	39,216	55,130	73,012	47,790	54,606
	3 オリッサ	8,756	6,447	8,540	10,832	7,640	8,563
	4 アンドラ・プラデシュ	9,701	15,293	23,562	33,232	20,440	24,681
	5 tamil・ナドゥ	9,892	16,864	26,044	37,519	22,329	27,208
	6 加ラナタカ・クラ	11,063	14,311	20,708	27,925	18,502	21,821
	7 マハラシュトラ・ゴア	16,768	28,294	45,744	66,623	38,478	47,023
	8 マディヤ・プラデシュ	10,997	19,103	29,752	41,987	25,345	30,320
	9 ケララ	9,481	18,698	31,562	46,654	26,465	32,618
	10 ラジャスタン	5,908	8,544	12,784	17,569	11,347	13,538
	11 その他	28,102	44,647	70,151	98,361	60,798	73,061
	インド計	145,150	216,779	330,965	462,885	285,506	340,879

注) 国別、中国地域別およびインド地域別の「その他」は下記の[出典]から本表に引用した国以外の合計値を示した。

[出典] 科学技術庁科学技術政策研究所(編)：アジア地域のエネルギー利用と環境予測、大蔵省印刷局(平成5年6月18日)、p.137

表5 アジア・オセアニア地域のCO₂排出量の推移

(単位:炭素換算百万トン)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
オーストラリア	75.34	76.99	76.97	79.59	81.40	89.69	90.40	95.79	96.44	99.03
バングラデシュ	4.47	4.78	5.25	5.82	6.16	6.43	6.53	7.27	7.95	8.05
ブルネイ	0.99	1.00	0.96	0.95	0.94	1.14	0.94	1.12	1.09	1.27
中国	667.90	711.86	768.01	787.72	803.15	824.28	805.20	790.95	780.37	831.74
香港	12.19	13.02	12.21	12.79	12.40	11.17	12.80	14.92	13.96	15.70
インド	175.97	185.73	189.98	226.26	226.19	230.10	233.98	236.13	250.50	251.33
インドネシア	47.50	53.72	55.64	58.13	64.18	66.59	64.18	70.72	74.95	87.13
日本	285.77	283.08	298.64	297.75	308.17	308.59	300.28	304.52	310.45	315.83
北朝鮮	71.22	73.77	72.99	72.06	70.75	66.93	64.48	64.05	67.45	67.19
韓国	77.55	91.11	99.22	109.28	111.88	117.89	100.57	104.39	115.92	120.80
マレーシア	19.85	22.75	24.20	24.20	27.51	27.65	27.91	28.01	30.45	36.15
ニュージーランド	8.45	8.51	8.57	9.47	8.89	8.83	8.25	8.52	9.30	9.61
パキスタン	18.94	21.11	22.98	23.73	25.93	25.83	26.69	27.91	29.52	29.15
フィリピン	12.47	13.69	14.36	15.63	16.28	17.77	18.20	18.63	19.13	18.62
シンガポール	19.04	21.60	22.79	22.43	26.59	27.95	29.05	31.04	29.98	31.27
台湾	35.40	42.57	45.08	50.90	56.45	56.76	62.77	61.09	68.93	71.23
タイ	27.45	31.50	34.98	42.64	46.00	46.11	45.58	46.03	46.05	48.49
ベトナム	5.19	7.26	7.55	9.24	9.50	9.45	9.62	10.86	12.04	12.56
その他	9.37	9.81	10.44	10.34	10.64	10.92	11.38	12.16	12.55	13.00
合計	1,575.05	1,673.88	1,770.82	1,858.94	1,913.01	1,954.09	1,918.81	1,934.12	1,977.03	2,068.14
世界計	5,893.97	5,948.80	5,978.13	6,085.73	6,230.82	6,282.29	6,258.52	6,324.14	6,470.57	6,567.82

下記の出所から作成した。

[出所] EIA: International Energy-Related Environmental Information, Table H1, <http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/tableh1.htm>

表6 CO₂排出原単位

(単位:炭素換算百万トン/1000\$(1997))

国・地域	2001	2005	2010	2020	2025	2000~2025年間の平均年増加率
米国	166	154	144	124	116	-1.5
カナダ	209	203	190	157	146	-1.5
メキシコ	213	212	193	169	161	-1.1
イギリス	104	95	88	77	72	-1.5
フランス	68	61	55	49	48	-1.4
ドイツ	98	90	83	70	67	-1.5
オーストラリア・ ニュージーランド	199	189	180	155	148	-1.2
旧ソ連	1,000	1,012	862	691	621	-2.0
東欧	518	430	380	291	261	-2.8
中国	693	555	506	400	363	-2.7
インド	480	425	386	313	285	-2.1
韓国	217	185	169	147	137	-1.9
トルコ	270	279	270	234	220	-0.9
ブラジル	109	111	110	103	97	-0.5

下記の出所をもとに作成した。

[出所] EIA: International Energy Outlook 2003、Environmental Issues and World Energy Use、
<http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/environmental.html>, Table28

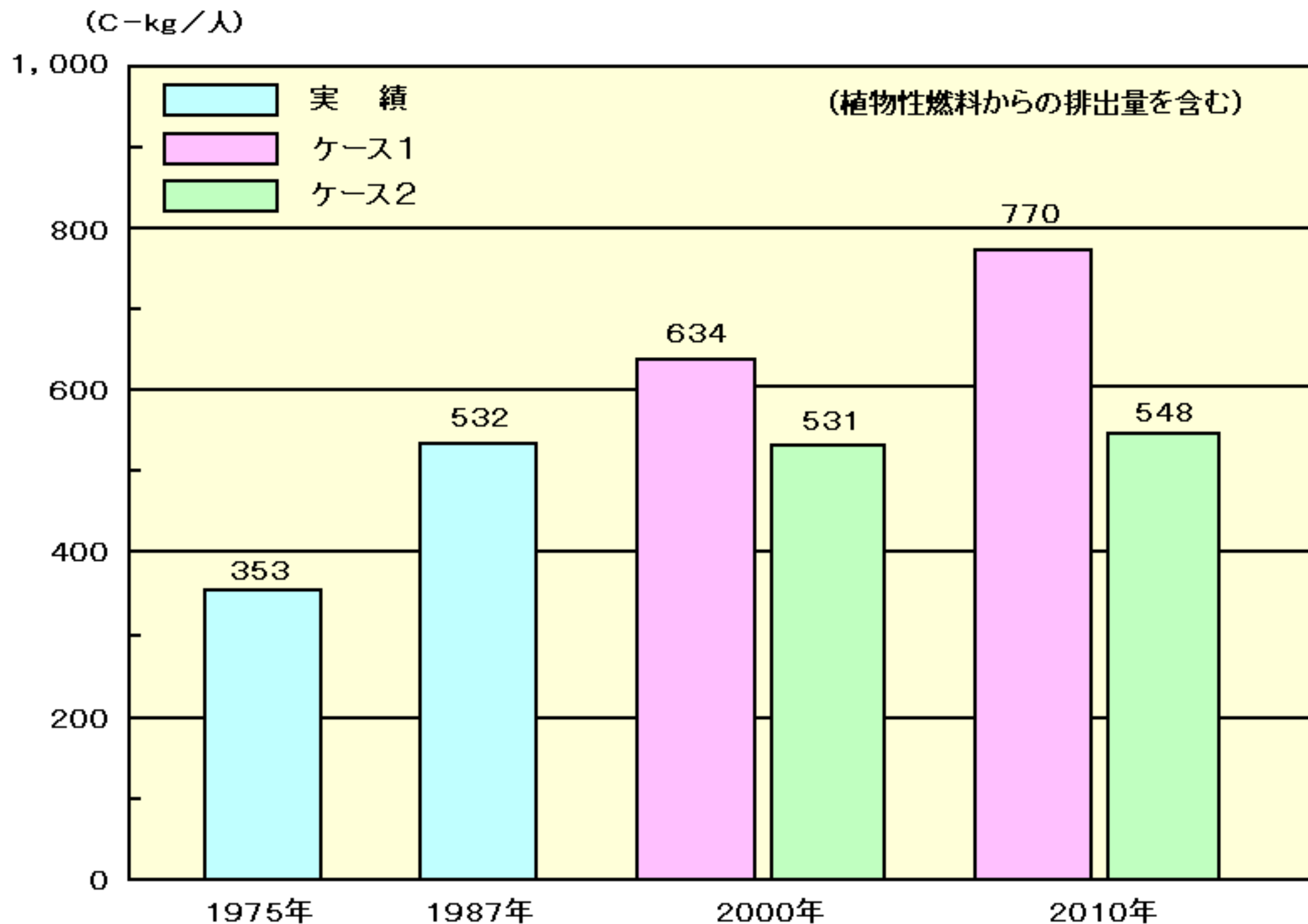


図1 一人当たりのCO₂ 排出量

〔出典〕 科学技術庁科学技術政策研究所(編)：アジア地域のエネルギー利用と環境予測、大蔵省印刷局(平成5年6月18日)、p.136

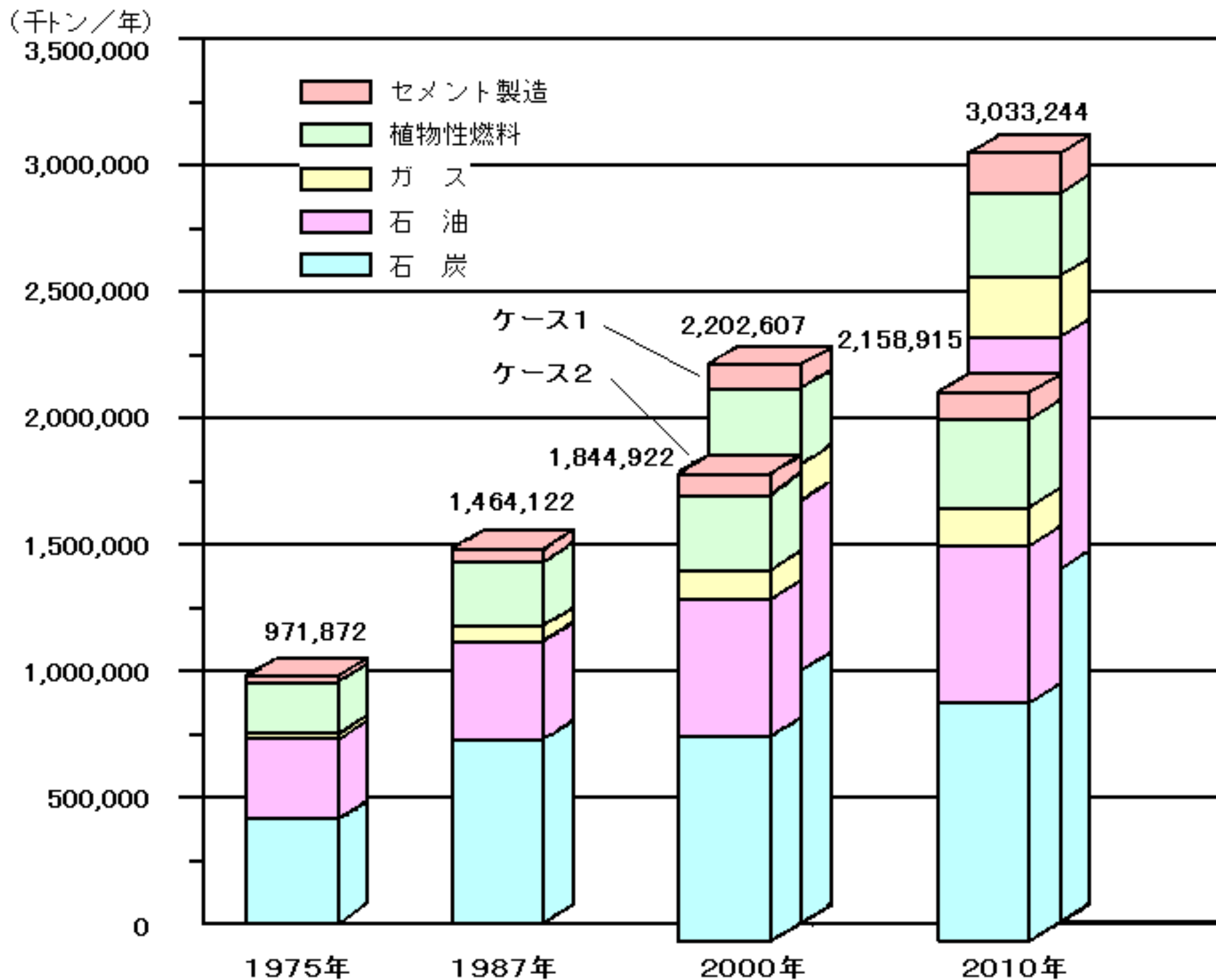


図2 エネルギー源別CO₂排出量

〔出典〕 科学技術庁科学技術政策研究所(編)：アジア地域のエネルギー利用と環境予測、大蔵省印刷局(平成5年6月18日)、p.146

(単位：C換算千トン／年)

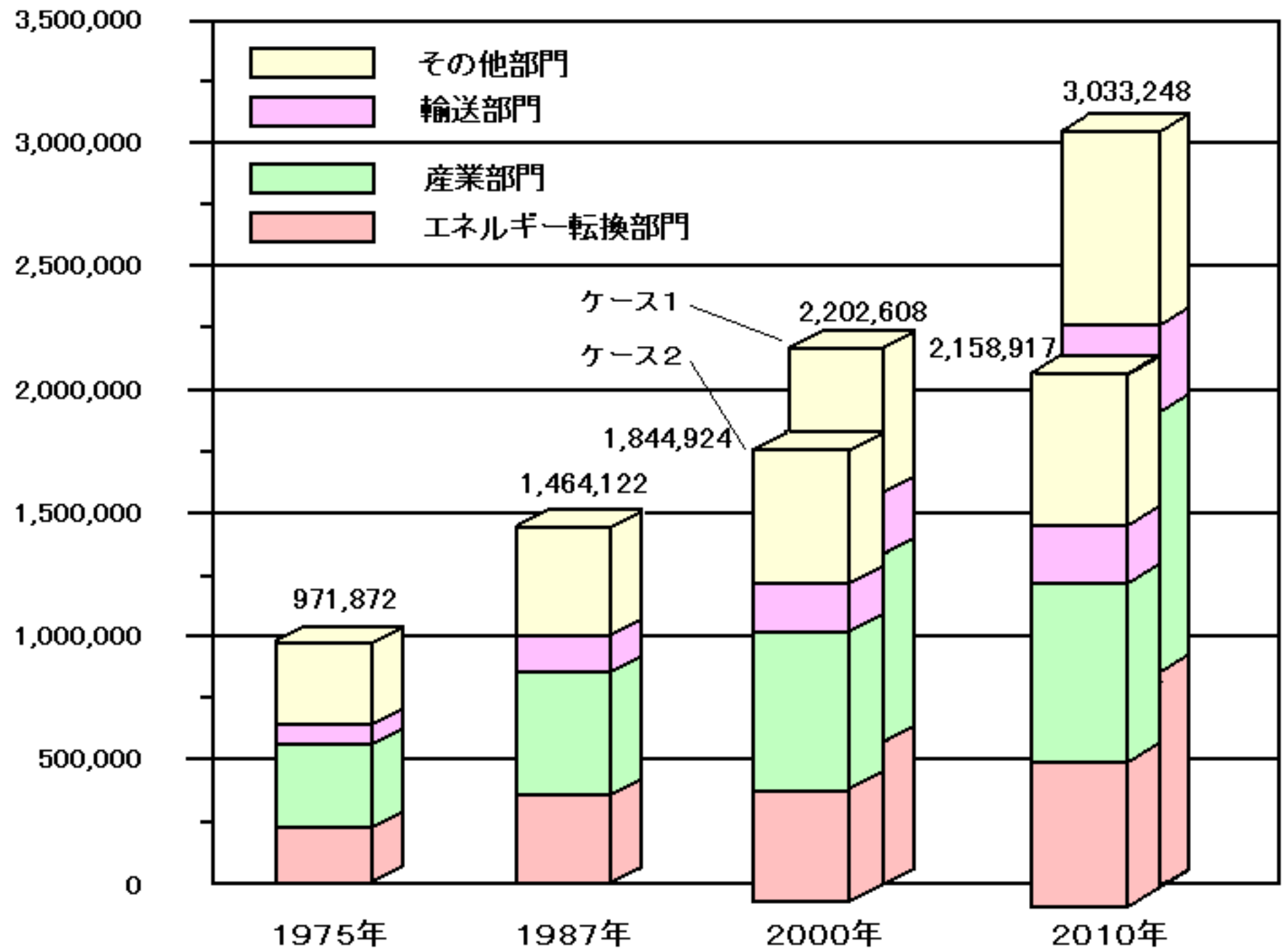


図3 部門別CO₂ 排出量

[出典] 科学技術庁科学技術政策研究所(編)：アジア地域のエネルギー利用と環境予測、大蔵省印刷局(平成5年6月18日)、p.148