

大阪市の都市ごみ焼却施設搬入ごみ質調査

酒井 護、北野雅昭、西谷隆司

An Investigation of Components of the Municipal Solid Wastes in Osaka City

Mamoru SAKAI, Masaaki KITANO, and Takashi NISHITANI

Abstract

In the view of public hygiene, municipal solid waste (MSW) has been incinerated as intermediate treatment procedure in Japan. It is necessary to investigate the chemical and physical properties of MSW for its efficient treatment. In this study, the weight percent ratio of MSW, including kitchen wastes, papers, fibers, woods and leaves, plastics, small tips, others solid wastes and incombustibles, was determined on the basis of both wet and dry weights. Three-component and elemental contents were also analyzed to evaluate the contribution to waste collected in the incinerator. This study found that the main components of the wastes were kitchen wastes, papers and plastics, and these accounted for more than 70% of the total weight. See-through garbage bag have been specified as throwing away waste since January 2008 in Osaka. This administrative policy reduce the waste weight by 10%, however, the weight percent ratio showed no change. One ton of MSW contains 270kg of carbon, 30% of which is derived from plastic, and incineration of that generates 1 ton of carbon dioxide.

Key words: municipal solid waste, weight percent ratio, elemental contents

I はじめに

日本では公衆衛生の観点から、年間に4,300万トン発生する都市ごみは、その80%が焼却により中間処理される。その後、直接埋立も含め、約500万トンが最終処分されている[1]。ごみ焼却施設においてごみの貯留、焼却、熱回収および排ガスの処理等の設備が備えるべき技術的内容とごみの組成との間には深い関連性があり、焼却ごみの組成を把握することは重要である。各ごみ処理施設では、維持管理の必要性から、厚生省課長通達[2]に示された方法により、処理対象のごみに関して調査を行っている。その結果は、一般廃棄物処理基本計画の策定のためにも応用されている。一方、ごみの重量の30%を占める水は蒸発潜熱が2.26MJ/kgと大きいことから、その重量の変化は焼却処理量のみでなく、発熱量にも大きな影響を与える。

大阪市では、1960年代よりごみ焼却施設搬入ごみ質の調査を行っているが、調査試料は焼却工場ピットより採取後直ちに全量を乾燥している。この調査のみでは、

焼却ごみ中の水の由来が不明であり、将来的にごみ組成が変化した場合、工場の設計に必要な発熱量の予測が困難となる。通達[2]による調査では、再生可能な資源に関して特別に重量比率を測定していないため、分別収集による行政施策の効果を検証するための資料とすることはできない。また、各市町村ではごみ減量のために、分別収集項目の拡大や収集手数料の徴収などの施策が行われている[3-10]。大阪市では、2008年1月より、家庭からのごみの排出には中身の見えるごみ袋の使用を指定している。これらの施策の効果は、ごみの処理重量により単純に測定することができるが、ごみ組成の詳細な調査を行うことにより、各組成に対する効果も合わせて評価が可能となる。

これらの課題に対応し、本調査では、大阪市の焼却工場に搬入された廃棄物について、乾燥前に分類することにより排出状態での重量比率および各組成からの湿分の由来と寄与を求めた。この際、紙およびプラスチックは、再生可能な資源量も測定した。また、中身の見えるごみ袋の指定によるごみの各組成の重量比率の変

表1 大阪市の分別収集方法の変遷（直営収集）

粗大ごみは 1950 年代以前より分別	
1994 年 ~	資源ごみ収集開始 (空き缶, 空きビン)
1997 年 ~	資源ごみにペットボトル追加
2005 年 ~	容器包装プラスチック収集開始
(資源ごみ収集 および 容器包装プラスチック収集は 全市域での収集開始時期)	

文献[13]より作成

化を考察した。

本多らが指摘している通り[11]、ごみは、重量比率測定の際により変色する組成があり、識別が困難となることがある。谷川[12]は、通達[2]にかかるごみの種類測定において乾燥ベースで行う場合と湿ベースで行う場合の特性を示し、その統一化が必要であるとしている。これらのことから、湿状態での分類と乾燥状態での分類結果を比較し、乾燥と分類の作業順序が重量比率に与える影響も検討した。さらに、各組成について炭素をはじめとする元素の含有量分析を行い、ごみ焼却に対するそれらの寄与や二酸化炭素の発生量を計算した。

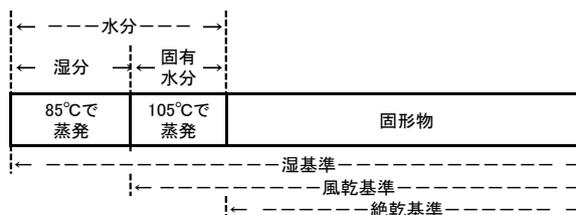
なお、大阪市のごみの分別収集に関する施策は、表1の通り変遷しており[13]、調査時点では、家庭から排出される容器包装プラスチック(以下、「容プラ」とする)およびPETボトル以外のプラスチックは、焼却ごみとして扱っている。収集手数料について、粗大ごみに関しては2006年1月以降 200~1,000円の手数料を徴収するが、普通ごみや資源ごみに関しては徴収していない。排出時の袋は2008年1月以降、中身が見えるものであることを指定しているが、指定袋制ではない。また、乾燥により蒸発した水と固形物の本文中での表記は、図1にイメージとして示した通りである。

II 実験方法

1) 分析試料の採取と粉碎までの前処理

調査の対象としたごみは、2005年4月から2009年3月の4カ年間に、大阪市環境局の10焼却工場に対し、各施設で年間に1回、かつ四半期に1回となるように計画し合計40検体を採取した。採取量は、前半20回は40kg、後半20回は20kgである。これらは、焼却工場職員により四分法により縮分された約1トンのごみから採取した。

採取後の作業は、図2に示したフローの通り行った。まず、研究所職員により表2に示した大分類8種類に分類し、重量を測定した。厨芥、紙、プラスチックおよび不燃物以外は、中分類を設定しなかった。厨芥、紙の中分類区分は、10回目までの分類結果を考察し、11回目より



85°Cでの乾燥作業で蒸発したものを「湿分」、105°Cで蒸発したものを「固有水分」とし、その合計を「水分」とした。

重量比率について、採取時の状態でのものを「湿基準」、85°Cでの乾燥作業後でのものを「風乾基準」、水分を換算したものを「絶乾基準」とする。

図1 水と固形物の表記イメージ

変更した。不燃物および分類除外区分に含まれるものは、分類後重量を測定したのちに破棄した。また、PET区分に含まれるものは、中に油等の液体が入れたものがあり、乾燥等の作業に支障をきたすおそれがあったため、不燃物同様に破棄した。

可燃物は、85°Cのオープンで約3日間加熱し、乾燥後の重量を測定し、乾燥前との差を『湿分』とした。乾燥後の試料は、粗破碎後、直径2mmのスクリーンを通過するように粉碎し均質となるようにした。また、中分類から大分類組成への混合は、10回目までは、中分類各組成別に粉碎した後、乾燥時の重量比率となるように混合したが、11回目以降は、粗破碎時に全量を混合した。また、各焼却工場では、本調査とは別に、採取した20kgの試料について、全体を85°Cで乾燥したのちに表2に示した

表2 分類の項目

大分類	中分類		分類の基準
	-10 回目-	11 回目-	
厨芥	調理済み	--	調理済みの残飯等
	未開封	--	開封されていない食品
	--	果物・野菜	乾燥により草等と判別ができなく可能性のある食品
	--	果物以外	上記以外の食品
紙	古紙	新聞紙	新聞紙や広告用紙
		OA紙	新聞紙や広告用紙以外の印刷物
		段ボール	段ボール製の容器
	容器包装	その他	段ボール以外の紙製容器包装材 上記に分類されない紙製品
繊維	--	服などの繊維製品	
木草	--	剪定枝・落ち葉、割り箸や角材など	
プラスチック	容器包装	PET	PET以外のプラスチック製容器包装材 PET ボトル
	その他	--	上記以外のプラスチック製品
雑物	--	5ミリメートルのふるいを通過したもの	
可燃	--	上記以外のものまたは	
その他	--	判別が不能であるもの	
不燃物	ガラス	--	空き瓶やガラス破片など
	石・陶器	--	セラミック、石など
	鉄	--	スチール缶、釘など
	非鉄金属	--	鉄以外の金属製品
分類除外	--	紙おむつや血液の付いた包帯など	

--印は、中分類を設定しなかったことを示す

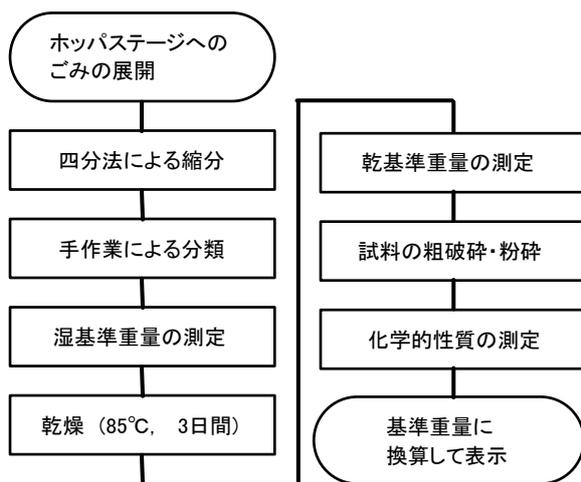


図2 調査の作業フロー

大分類の各項目への分類を行い、重量比率を計算している。この結果により、乾燥と分類の作業順序が逆になっている場合の結果の相違についても検討した。

2) 化学的性質の分析方法

粉碎後のサンプルについて、三成分(固有水分、灰分、可燃分)、元素分析(炭素、水素、窒素、塩素、硫黄、その他の元素)および発熱量を測定した。その他の元素は、酸素および低沸点の金属元素を含み、可燃分から測定した5元素の重量との差により求めた。これらの物性の測定法は、表3に示した方法によった[2]。測定の対象とした組成は、不燃物を除く大分類の可燃物7組成であり、プラスチックに関しては容プラと容プラ以外のプラスチック(以下、「その他プラ」と表記)の別に測定し、全体はその加重平均とした(絶乾重量比率を加重とした)。可燃その他については、10回目までは物性を測定しなかったため、11回目以降の分析結果で評価する。

III 結果と考察

1) ごみの組成に関する調査結果

(1) 重量比率および湿分の分析結果

大分類での各組成の重量比率の40回の測定結果の平均値を、湿基準、風乾基準、絶乾基準、湿分由来および湿分の別に表4に示す。なお、不燃物の水分はゼロとしている。また、11回目以降の中分類の測定結果の平均を同様に表5に示す。湿基準および絶乾基準にお

表3 測定方法と使用した機器

元素	測定方法
炭素および水素	リービヒ法
窒素	ケルダール法
塩素および硫黄	ポンプ イオンクロマトグラフ法

いて、厨芥、紙およびプラスチックの3種類の比率が大きく、これらの合計で全体の70%を占めている。紙のうち、古紙として回収が可能なもの(中分類の、OA紙、新聞紙および段ボール)は、ごみ全体の25%を超えており、資源回収の有効なルートを構築することにより、ごみ焼却量の削減が可能であると考えられる。

紙およびプラスチックの湿分はそれぞれ30%および20%程度である。日常生活で使用されている紙やプラスチックの含水率を別途測定した結果、紙類は5%、プラスチックは1%程度であった。ごみ中の紙は、他の組成からの移行やピット内の水噴霧・雨水等の影響のため大きい値となったと考えられた。プラスチックは、付着した食品の調味料や他の組成の湿分などを分類作業時に完全に分離することが困難であったために、大きな

表4 大分類各項目の重量比率と湿分の分析結果

大分類組成	測定項目				
	湿基準	風乾基準	絶乾基準	湿分由来	湿分
%					
厨芥	16.16	7.99	7.86	32.07	68.44
紙	41.37	43.60	43.22	37.10	30.32
繊維	3.97	4.53	4.56	2.81	26.88
木草	6.67	6.68	6.57	6.65	33.48
プラスチック	16.34	19.75	20.09	9.72	21.67
雑物	3.09	3.04	3.03	3.19	34.48
可燃その他	6.38	5.37	5.33	8.45	44.81
不燃物	6.02	9.04	9.33	0.00	0.00

(可燃その他は、10回目まで三成分を測定していないので、他の回の平均値を初回の固有水分と見なして換算した)

表5 中分類各項目の重量比率分析結果

大分類組成	中分類組成	測定項目		
		湿基準	風乾基準	湿分由来
%				
厨芥	果物等	8.47	3.06	18.93
	野菜以外	6.57	4.36	11.05
紙	容器包装	6.47	7.08	5.31
	冊子等	13.67	15.74	9.57
	OA紙	4.50	5.35	2.75
	段ボール	7.64	7.46	8.13
プラスチック	その他	8.92	7.55	11.69
	容プラ	10.51	11.81	8.07
	PET	1.12	1.68	0.00
不燃物	その他	4.72	6.25	1.66
	石・陶器	1.71	2.52	0.00
	ガラス	1.84	2.83	0.00
	鉄	1.56	2.34	0.00
	非鉄金属	0.91	1.35	0.00

(厨芥および紙の比率は11回目以降の平均であり、合計は表4の数値と一致しない)

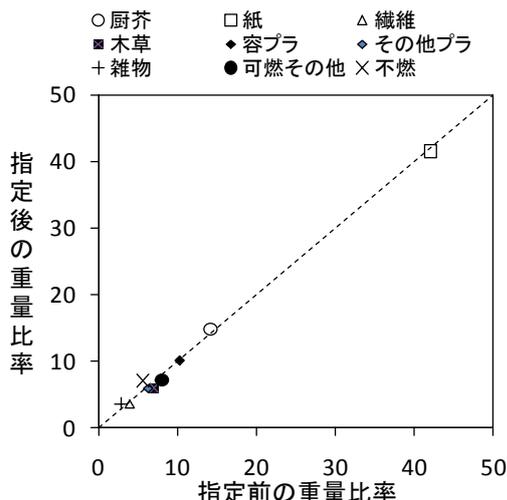


図3 中身の見えるごみ袋を指定する前後での各組成の重量比率の比較

数値となった。

また、大阪市では2005年4月より全市域において家庭から排出される容プラの分別収集を行っている。本調査では、容プラが10%を超えている(絶乾基準)。これらは、ごみを排出するための容器として使用されていたものや、食品を未開封のまま廃棄した場合に含まれていたものであり、焼却ごみから完全に分別することは困難であると考えられた。

さらに、大阪市では2008年1月より、家庭より排出されるごみについては、中身の見えるごみ袋での排出を指定している。普通ごみの収集量は、2007年1月～12月の期間では51.0万トン、2008年1月～12月の期間では44.4万トンであり[14]、6.6万トン(12.9%)が減量し、2009年も43.7万トンの収集量であり増加は見られていない。一方、この期間での各組成の湿基準での平均値は、図3に示した通りである。対角線は直線 $y = x$ である。すべての組成において、有意な変化は確認されていないことから、同じようなごみ質のまま総量が減少したと考えられた。

(2) 乾燥と分類の作業順序が与える影響の評価

乾燥と分類の順番が結果に与える影響について考察する。乾燥前に分類した場合の絶乾基準での重量比率を分子、乾燥後に分類した場合のものを分母とし、その比率を組成別に並べると図4のような箱ひげ図となった(乾燥後に分類する場合は、可燃物その他の区分が存在しないため、図4に限り、可燃物その他の重量を考慮せずに8組成の比率を再計算して作成した)。この比率が1に近い場合は、乾燥が影響を与えないことを示し、左側の領域に多くの点が分布していれば、乾燥前の分類により当該組成の比率が大きくなる傾向、逆に右側の領域に分布していれば乾燥後の分類により比率が大き

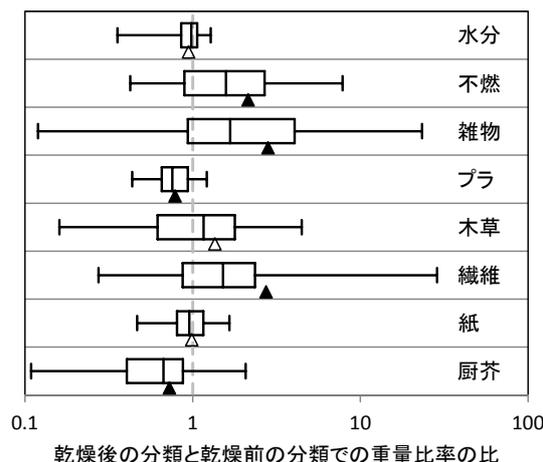


図4 乾燥順序による組成比率の比較

くなる傾向にあることを示す。また、組成別にこの比率の平均値は△でプロットしている。乾燥前に分類した場合と乾燥後に分類した場合の比率についてt-検定を行い5%水準で有意であったものは、平均値を▲でプロットした。

この結果、紙、木草および水分は乾燥の順番は結果に影響を与えないと考えられた。一方、厨芥およびプラスチックは、乾燥の前に分類することにより、重量比率が大きくなっていった。これは、厨芥のうち湿基準で50%を占める野菜や果物は、乾燥により木草と誤判別される可能性があるために、乾燥後に分類することにより重量が小さくなる。しかし、木草に関しては、その多くが木材や剪定枝などであり誤判別された野菜などが影響を与えることがなかった。プラスチック、紙および雑物で結果が異なる理由は、乾燥工程での観察結果から以下のように推察された。プラスチックは、乾燥前は表面に付着した調味料の分離が不十分であったためである。これらは、乾燥により、容易に分離することが可能となるが、乾燥後は粒径が小さく雑物として分類されることになる。また、紙にも雑多な粒子が付着しているが、湿分による粘性のために分離が困難である。これらのことから、雑物は、乾燥後の分類により、大きな比率となったと考えられる。

また、繊維および不燃物に関しては、四分法によっても「大きな塊」のまま採取されることが多い(通常の実験作業において、軍手やズボン等の比較的小さいものは、切断せずにそのまま重量を測定するが、今回の分類作業で一方にのみ含まれていた場合、大きな重量差となる)。また、これらは四分位偏差の範囲も大きく、作業順序とは別の理由により数値が異なっていると考えられた。

2) 各組成の化学的組成の測定結果

大分類の各組成中の三成分、元素分析結果および高位発熱量を表6に示す。炭水化物を主体とする、厨

表6 三成分および元素含有量の測定結果

組成	固有水分	灰分	%						発熱量 MJ/kg
			炭素	水素	窒素	塩素	硫黄	その他	
厨芥	4.8	15.1	45.1	6.3	3.0	0.9	0.4	24.4	19.9
紙	4.0	13.0	41.3	6.0	0.3	0.3	0.2	34.8	16.8
繊維	2.8	6.9	49.3	6.3	2.2	0.8	0.4	31.2	20.7
木草	4.7	4.8	47.0	6.0	1.3	0.2	0.2	35.7	19.5
プラスチック	1.5	11.8	64.8	9.1	1.0	2.1	0.3	9.5	33.3
(容プラ)	(1.4)	(7.3)	(69.0)	(10.4)	(0.5)	(1.7)	(0.2)	(9.5)	(37.4)
(その他プラ)	(2.0)	(20.0)	(56.5)	(7.2)	(1.9)	(2.6)	(0.3)	(9.5)	(25.5)
雑物	3.4	48.8	25.7	3.6	1.4	0.8	0.9	15.5	11.4
可燃その他	3.9	37.3	32.6	4.6	1.8	0.6	0.6	18.5	14.8
不燃	0	100	0	0	0	0	0	0	0

表7 焼却工場搬入ごみ1トン中の各元素の含有量

組成	湿分	固有水分	灰分	可燃分						発熱量 GJ
				炭素	水素	窒素	塩素	硫黄	その他	
				kg						
厨芥	110.4	2.5	7.7	23.1	3.2	1.5	0.5	0.2	12.5	1,000
紙	125.4	11.7	37.6	119.1	17.4	1.0	0.7	0.5	100.3	4,270
繊維	9.4	0.9	2.1	14.9	1.9	0.7	0.2	0.1	9.5	620
木草	21.6	2.1	2.1	21.2	2.7	0.6	0.1	0.1	16.1	860
プラスチック	34.5	2.1	16.0	82.6	11.7	1.4	2.7	0.4	12.2	4,160
(容プラ)	(27.6)	(1.1)	(5.7)	(53.5)	(8.0)	(0.4)	(1.3)	(0.2)	(7.3)	(2,860)
(その他プラ)	(6.9)	(1.0)	(10.3)	(29.1)	(3.7)	(1.0)	(1.4)	(0.2)	(4.9)	(1,300)
雑物	10.7	0.7	9.9	5.2	0.7	0.3	0.2	0.2	3.1	230
可燃その他	28.1	1.4	13.3	11.7	1.7	0.6	0.2	0.2	6.6	520
不燃物	0	0	60.2	0	0	0	0	0	0	0
合計	339.9	21.3	148.9	277.8	39.3	6.0	4.6	1.7	160.4	11,660

芥、紙、木草では炭素は450g/kg程度、水素が60g/kg、発熱量が19MJ/kg程度であった。しかし、炭化水素を主体とする容プラは、これらより大きく、炭素が700g/kg、水素が100g/kg、発熱量が37MJ/kg程度であった。

また、この結果と表4の結果より、大阪市の都市ごみ焼却工場に搬入されるごみ1トンあたりの各元素および高位発熱量の由来は、表7の通り計算される。ごみ1トンの焼却により、約1トンの二酸化炭素が発生する。このうち、化石燃料に由来する(プラスチックの燃焼により発生する二酸化炭素)比率は、約30%程度であった。また、発熱量に関しては、紙およびプラスチックはいずれも全体の35%程度を占めていた。紙の発熱量は他の組成と同程度であり、その焼却量の増減が単位重量高位発熱量に影響を与えることはない。逆に、プラスチック焼却量の増減は、単位重量高位発熱量に与える影響が大きく、熱交換による発電量やそのバイオマス比率が変化することがあると考えられる。

IV まとめ

大阪市の都市ごみ焼却工場に搬入されるごみ質を調査し、以下の点を明らかにした。

- ・ 厨芥、紙およびプラスチックの3組成のみで全体の重量の70%以上であった。
- ・ 中身の見えるごみ袋による排出を指定したことにより、ごみ量は減量したが、重量比率に変化は見られなかった。
- ・ 乾燥作業と組成への分類作業の順序が重量比率に与える影響を評価した結果、厨芥およびプラスチックは乾燥の前に分類作業を行うと重量比率の数値が大きくなり、雑物は小さくなる。
- ・ 焼却工場搬入ごみ1トン中の各元素の組成別の寄与を求めた。炭素は約270kg含まれていることから、ごみ1トンの焼却により約1トンの二酸化炭素が発

生し、その約30%はプラスチックに由来していた。

謝辞 本調査の実施にあたり、大阪市環境局施設部のみなさまのご協力を受けたことを記し、深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 環境省, 環境省廃棄物処理情報,
http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/h21/index.html
- 2) 厚生省環境衛生局水道環境部環境整備課長通達. 一般廃棄物処理事業に対する指導に伴う留意事項について(昭和52年11月04日公布).
<http://www.env.go.jp/hourei/syousai.php?id=11000013>
- 3) 酒井護. 分別収集や有料化はごみの減量に対しどのような影響を与えたか. 生活衛生 2007; 51(3): 149-155.
- 4) 大島克哉, 安田八十五. 廃棄物有料化政策の有効性の総合評価. 廃棄物学会論文誌 1999; 10(4): 232-239.
- 5) 笹尾俊明. 廃棄物有料化と分別回収の地域的影響を考慮した廃棄物減量効果に関する分析. 廃棄物学会論文誌 2000; 11(1): 1-10.
- 6) 天野耕二, 松浦篤史, 渥美史陽. 事業系ごみの排出特性と家庭ごみ収集への混入について. 廃棄物学会論文誌 2002; 13(1): 22-30.
- 7) 山川肇, 植田和弘, 寺島泰. 有料化実施時におけるごみ減量の影響要因. 廃棄物学会論文誌 2002; 13(5): 262-270.
- 8) 福岡雅子, 小泉春洋, 高月紘. ごみ中の実態に基づくレジ袋削減の可能性. 廃棄物学会論文誌 2005; 16(2): 97-107.
- 9) 上村一哉. ごみ処理有料化における自治体の意思決定. 廃棄物学会論文誌 2008; 19(1): 61-71.
- 10) 山川肇, 矢野潤也. ごみ有料化の歴史的変遷. 廃棄物学会論文誌 2008; 19(3): 212-224.
- 11) 本多淳裕, 井上善介, 中土井隆. 塵芥分析法の検討. 阪市衛試報 1959: 41-51.
- 12) 谷川昇. 今後のごみの物理組成調査方法. 廃棄物学会誌 2000; 11(6): 405-410.
- 13) 大阪市環境局. 平成22年度 環境局事業概要
- 14) 大阪市計画調整局. 大阪市統計書(平成18年から平成21年までを参照した)
(WEBサイトのURLは、2011年6月末にアクセスしたものである)