

## VOC 排出量と経済指標の関連性の分析について(案)

## 1. 背景・目的

現在、平成 22 年度を目標年として、平成 12 年度比3割程度削減を目標に、VOC 排出抑制対策が進められている一方、平成 20 年秋におけるリーマンショックの影響による生産活動の停滞によって、VOC 排出量が減少した可能性が指摘されている。

経済動向の VOC 排出量に与える影響の把握を目的として、ここでは、VOC 排出抑制対策の背景としての、経済指標と VOC 排出量の関連性について分析を行う。

## 2. VOC排出量と経済指標の関連分析方法について

VOC排出量と経済指標との関連を概観するために、エネルギー構造を分析する際に利用されている「茅の恒等式」(⇒参考)の簡易型に関して、①CO<sub>2</sub>排出量をVOC排出量に、②国民総生産GDPを各業における産出額SAL<sup>1</sup>、に置き換えたものを用いる。

$VOC \text{ 排出量} = \frac{VOC \text{ 排出量}}{SAL} \times SAL$	数式 1
--	------

この式を微分すると

$\frac{dVOC \text{ 排出量}}{VOC \text{ 排出量}} = \frac{d \frac{VOC \text{ 排出量}}{SAL}}{\frac{VOC \text{ 排出量}}{SAL}} + \frac{dSAL}{SAL}$	数式 2
---	------

となり、各項は、**VOC排出量変化率**、**環境技術進歩率**(普及率を含む)、**経済成長率**とみることができる。これらの項の関連を見ることにより、VOC排出量と経済指標との関連を概観することができる。具体的な計算においては、数式 3 のように第 3 項(残さ)が生じる。

$\frac{\Delta VOC \text{ 排出量}}{VOC \text{ 排出量}} = \frac{\Delta \frac{VOC \text{ 排出量}}{SAL}}{\frac{VOC \text{ 排出量}}{SAL}} + \frac{\Delta SAL}{SAL} + \frac{\Delta \frac{VOC \text{ 排出量}}{SAL} \cdot \Delta SAL}{VOC \text{ 排出量}}$	数式 3
項	意味
左辺	● VOC 排出量の変化率
右辺 第1項	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 「産出額に対するVOCの排出量」の変化率               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 排出量(t)/生産額(¥)を単位とする一種の「排出係数」であり、「環境技術進歩」(普及を含む)の変化を表しているといえる。</li> <li>➢ 同一の生産額に対してVOCの排出量を変化させた部分のみこの項に反映される。</li> <li>➢ VOC 排出抑制対策の方法によらない。</li> </ul> </li> </ul>
右辺 第2項	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 産出額(単位¥)の変化率               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 「経済成長」の変化を表しているといえる。</li> <li>● 短期的には生産量に相当</li> </ul> </li> </ul>
右辺 第3項	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 第1項、第2項以外によるVOC排出量の変化率               <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 主に考えられるのは、生産量と生産額の関係の変化である。</li> <li>例 1) 輸送機械製造業における、自動車・船舶の生産割合の変化</li> <li>例 2) 輸送機械製造業(自動車製造業)における車種ごとの構成比の変化</li> </ul> </li> </ul>

<sup>1</sup> 産出額=付加価値+中間投入額(企業の原材料に相当)であり、通常の「生産額」に相当する。国民経済計算では、付加価値分のみを「生産額」というため、ここでは「産出額」を用いた。

### 3. 使用するデータ

#### (1) VOC排出量データ

式2に投入するVOC排出量については、平成21年度調査によるVOCインベントリの業種別推計結果を用いる。ただし、VOCインベントリにおける推計対象業種(41業種)のうち、経済性データとの関連付けが可能な業種に限って本資料の評価対象とする。

評価対象とするVOCインベントリにおける業種は、産出額を得ることができる製造業(24業種)、建設業(3業種)、及び、VOC排出インベントリにおける寄与が比較的大きいと考えられる小売業・サービス業3業種(燃料小売業、洗濯業、自動車整備業)であり、これらの業種における排出量を表1及び図1に示す。なお、これらの詳細な業種については、表2に示す。

表1 評価対象業種からのVOC排出量

業種	VOC排出量(t/年)					
	平成12年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	平成20年度	平成21年度
建設業	222,902	148,555	143,763	138,640	132,684	119,243
製造業(24業種)	969,866	749,792	733,939	687,047	601,619	545,979
燃料小売業	108,334	118,989	114,624	111,914	109,872	106,253
洗濯業	51,537	43,440	40,711	36,744	31,266	13,708
自動車整備業	34,077	27,832	25,072	25,646	22,038	20,442
解析対象外(8業種)	30,196	22,473	22,248	21,532	20,690	20,749
合計	1,416,912	1,111,081	1,080,358	1,021,523	918,169	826,374

注：現時点における暫定的な推計結果であり、今後変更される予定である。

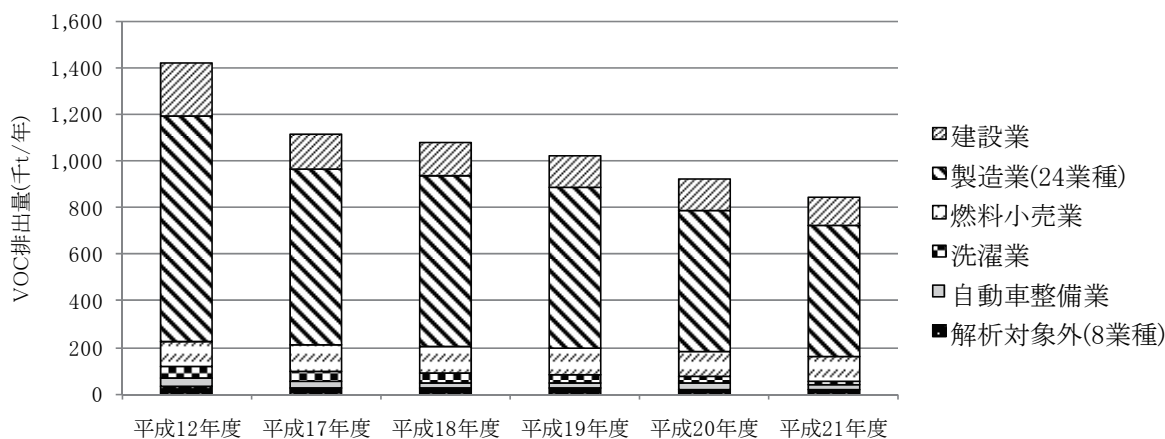


図1 評価対象業種からのVOC排出量

表 2 VOCインベントリの対象業種と経済評価対象業種の対応

VOC 排出インベントリ		国民経済計算 (SNA)
業種コード	業種名	経済活動別分類
06A	土木工事業	建設業
06B	建築工事業	
06C	舗装工事業	
09	食料品製造業	a. 食料品
10	飲料・たばこ・飼料製造業	
11	繊維工業(衣類、その他の繊維製品を除く)	b. 繊維
15	パルプ・紙・紙加工品製造業	c. パルプ・紙
17	化学工業	d. 化学
18	石油製品・石炭製品製造業	e. 石油・石炭製品
22	窯業・土石製品製造業	f. 窯業・土石製品
23	鉄鋼業	g. 一次金属
24	非鉄金属製造業	
25	金属製品製造業	h. 金属製品
26	一般機械器具製造業	i. 一般機械
27	電気機械器具製造業	j. 電気機械
28	情報通信機械器具製造業	
29	電子部品・デバイス製造業	
30	輸送用機械器具製造業	k. 輸送用機械
31	精密機械器具製造業	l. 精密機械
12	衣服・その他の繊維製品製造業	m. その他の製造業
13	木材・木製品製造業(家具を除く)	
14	家具・装備品製造業	
16	印刷・同関連業	
19	プラスチック製品製造業	
20	ゴム製品製造業	
21	なめし革・同製品・毛皮製造業	
32	その他の製造業	
603	燃料小売業	
821	洗濯業	洗濯業
86	自動車整備業	自動車整備業

注: 国民計画経済においては、建設業、及び a. 食料品～m. その他の製造業が対象となっている。燃料小売業、洗濯業、自動車整備業は、国民計画経済において卸売・小売業、サービス業レベルでの数値しか示されていないことから、本調査において便宜的に付け加えたものである。

## (2) 産出額データ

産出額 SAL のデータについては、内閣府経済社会総合研究所が発表している国民経済計算 (SNA) を用いる。このデータには、経済活動別 (業種別) の国内総生産・要素所得が含まれており、昭和 55 年から平成 20 年までのデータが公表されている。ただし、経済活動別のデータは暦年データとなっており、前項の VOC 排出インベントリの年度データとはデータ集計期間が異なることに留意が必要である。なお、本資料では、年度データと暦年データの補正は行わず評価する。

表 3 業種別産出額の概要

経済活動別分類	産出額(単位:10 億円)					
	平成 12 年	平成 17 年	平成 18 年	平成 19 年	平成 20 年	平成 21 年
(1)農林水産業	15,455	14,097	13,833	13,927	14,316	13,339
(2)鉱業	1,372	1,116	1,029	992	941	916
(3)製造業	301,981	309,582	327,185	341,598	346,145	263,349
(4)建設業	77,711	68,626	69,699	69,887	67,512	60,726
(5)電気・ガス・水道業	23,449	22,943	23,268	23,954	24,988	23,468
(6)卸売・小売業	100,321	97,259	96,297	98,835	98,623	82,225
(7)金融・保険業	42,857	46,344	47,809	48,109	43,381	39,605
(8)不動産業	64,418	66,927	67,434	68,028	68,604	69,068
(9)運輸・通信業	57,725	57,691	59,052	60,403	59,431	53,841
(10)サービス業	175,486	186,558	189,580	193,669	195,427	188,239
合計	860,776	871,143	895,186	919,402	919,368	794,777

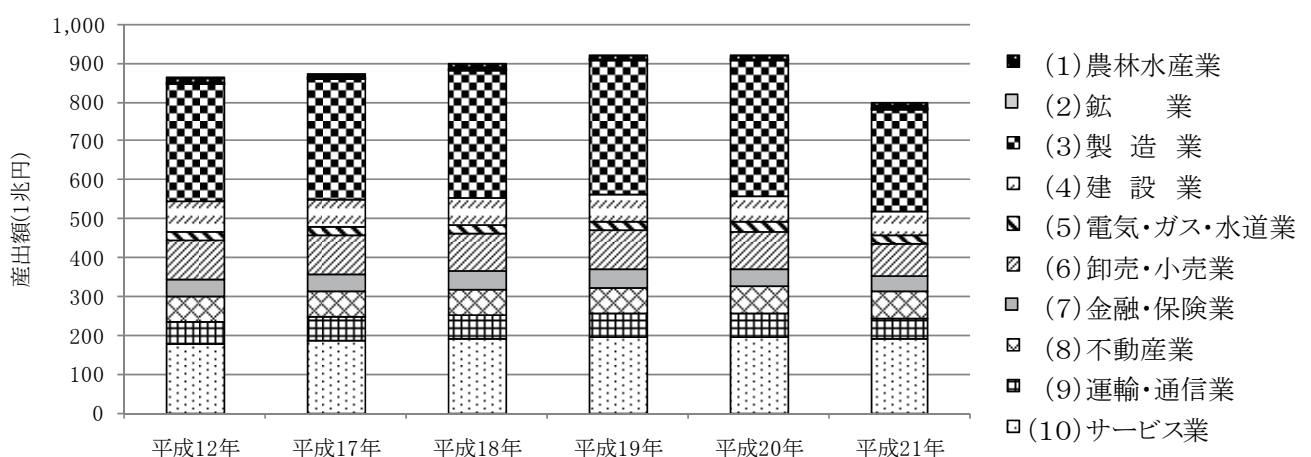


図 2 業種別産出額の概要

### (3) その他のデータ

洗濯業、燃料小売業等、VOC排出インベントリにおいては、相当のVOC排出量が見込まれているものの、これら業種に対応する産出額(SAL)が得られないため、これら業種については、表 5 に示す経済関連指標を用いることとした。他に家計調査年報における支出金額を用いることも考えられるが、これらは、家庭以外での業務での利用を対象としていないことから、採用しなかった。

表 4 産出額(SAL)が得られない業種からの VOC 排出量

業種 (VOC インベントリ)		VOC 排出量(t/年)						インベントリにおける構成比 (平成 20 年度)
		平成 12 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	
603	燃料小売業	108,334	118,989	114,624	111,914	109,872	106,253	12%
821	洗濯業	51,537	43,440	40,711	36,744	31,266	13,708	3.4%
86	自動車整備業	31,657	25,838	23,275	23,807	20,458	18,977	2.4%

表 5 産出額(SAL)が得られない業種の解析に利用する経済指標

業種 (VOC インベントリ)		経済指標の種類	経済指標					
			平成 12 年度	平成 17 年度	平成 18 年度	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度
603	燃料小売業	ガソリン販売量 (千 kL)	57,803	63,158	62,317	61,285	58,220	58,390
821	洗濯業	クリーニング 溶剤使用量 (t/年)	57,596	49,712	46,636	42,669	36,847	19,289
86	自動車整備業	塗料出荷量 (t/年)	28,908	29,835	28,782	31,067	26,782	24,963

出典:

- ガソリン販売量:石油連盟ホームページより
- クリーニング溶剤使用量:本調査の一環として、クリーニング溶剤元売各社からのアンケートにより把握しているもの
- 塗料出荷量:「塗料からの VOC 排出実態推計のまとめ」(社団法人日本塗料工業会、各年版)

#### 4. 計算結果について

##### ① 平成 20 年度排出量の分析結果

式 2 に基づき、前章までに得られたデータを用いて、平成 12 年をベースにした平成 20 年度排出量を各要素に分解した結果を表 6、表 7 に示す。(暫定的な平成 21 年度排出量の分析結果を表 8 に示す)。

これらの結果により、平成 12 年度から平成 20 年度(平成 21 年度)にかけて、多くの業種において、主に環境技術進歩によって、VOC 排出量の削減が行われてきたといえることができる。

表 6 平成 12 年をベースとした平成 20 年度排出量の要素分析結果

経済活動別分類		排出量(t/年)・平成 12 年度→平成 20 年度			
		VOC 排出量 の変化	環境技術進 歩	産出額変化	その他の要 因
建設業		-90,218	-68,188	-31,740	9,710
製造業	a. 食料品	1,329	-155	1,492	-7
	b. 繊維	-2,823	-1,107	-1,880	164
	c. パルプ・紙	-9,963	-10,861	1,568	-669
	d. 化学	-74,931	-100,423	94,774	-69,281
	e. 石油・石炭製品	-15,340	-22,429	11,130	-4,041
	f. 窯業・土石製品	-3,206	-3,307	226	-124
	g. 一次金属	-9,187	-12,297	8,287	-5,177
	h. 金属製品	-41,448	-32,918	-13,490	4,960
	i. 一般機械	-6,022	-13,290	13,087	-5,818
	j. 電気機械	-10,054	-21,675	44,083	-32,462
	k. 輸送用機械	-68,115	-113,231	117,460	-72,345
	l. 精密機械	1,865	-478	2,479	-136
	m. その他の製造業	-130,354	-137,069	11,398	-4,684
燃料小売業		1,539	752	781	5
洗濯業		-20,272	-2,665	-18,566	960
自動車整備業		-12,040	-10,290	-2,506	757

表 7 平成 12 年をベースとした平成 20 年度排出量変化率の要素分析結果

経済活動別分類		排出量変化率・平成 12 年度→平成 20 年度			
		VOC 排出量 の変化率	環境技術進歩 変化率	産出額変化率	その他の要因 変化率
建設業		-40%	-31%	-14%	4%
製造業	a. 食料品	4%	0%	5%	0%
	b. 繊維	-22%	-9%	-15%	1%
	c. パルプ・紙	-39%	-43%	6%	-3%
	d. 化学	-55%	-73%	69%	-50%
	e. 石油・石炭製品	-25%	-36%	18%	-7%
	f. 窯業・土石製品	-53%	-55%	4%	-2%
	g. 一次金属	-47%	-62%	42%	-26%
	h. 金属製品	-46%	-37%	-15%	6%
	i. 一般機械	-20%	-44%	44%	-19%
	j. 電気機械	-34%	-74%	150%	-110%
	k. 輸送用機械	-37%	-62%	64%	-39%
	l. 精密機械	21%	-5%	28%	-2%
	m. その他の製造業	-39%	-41%	3%	-1%
燃料小売業		1%	1%	1%	0%
洗濯業		-39%	-5%	-36%	2%
自動車整備業		-35%	-30%	-7%	2%

表 8 平成 12 年をベースとした平成 21 年度排出量変化率の要素分析結果

経済活動別分類		排出量変化率・平成 12 年度→平成 20 年度			
		VOC 排出量 の変化率	環境技術進歩 変化率	産出額変化率	その他の要因 変化率
建設業		-47%	-32%	-21%	7%
製造業	a. 食料品	3%	8%	-5%	0%
	b. 繊維	-23%	23%	-38%	-9%
	c. パルプ・紙	-45%	-29%	-23%	7%
	d. 化学	-58%	-65%	21%	-14%
	e. 石油・石炭製品	-28%	-24%	-6%	1%
	f. 窯業・土石製品	-58%	-40%	-30%	12%
	g. 一次金属	-51%	-46%	-8%	4%
	h. 金属製品	-53%	-38%	-25%	10%
	i. 一般機械	-42%	-37%	-8%	3%
	j. 電気機械	-35%	-68%	104%	-71%
	k. 輸送用機械	-46%	-50%	8%	-4%
	l. 精密機械	36%	41%	-3%	-1%
	m. その他の製造業	-44%	-30%	-21%	6%
燃料小売業		-2%	-3%	1%	0%
洗濯業		-73%	-21%	-67%	14%
自動車整備業		-40%	-31%	-14%	4%

## ② 経年的な分析結果

平成12年度をベースにした平成17年度～平成21年度の排出量を各要素に分解した結果を図4～図5、及び、表9に示す。

なお、平成21年度排出量は暫定的なものであり、一部発生源品目は平成20年度排出量と等しいとしている(資料2参照)。

- 燃料小売業以外の全業種において、平成21年度の産出額変化率が平成20年度より低い値となっており、これらはリーマンショックの影響を示していると考えられる。
- 金属製品を除く製造業において、平成21年度の環境技術進歩変化率の絶対値が平成20年度より小さい値となっており、これらの業種において、平成20年度～平成21年度にかけての環境技術進歩(普及を含む)は停滞気味であったと考えられる。
- リーマンショックの影響の大きく見られる平成21年度においても、VOC排出量削減に対する効果は、環境技術進歩率の効果が、産出額変化率の効果を上回る業種が多く見られる。
- また、平成12年度から平成20年度において継続的に環境技術進歩変化が進んでいる傾向が見られることから、これらの期間を通して、主に環境技術進歩によって、VOC排出量の削減が行われてきたといえることができる。

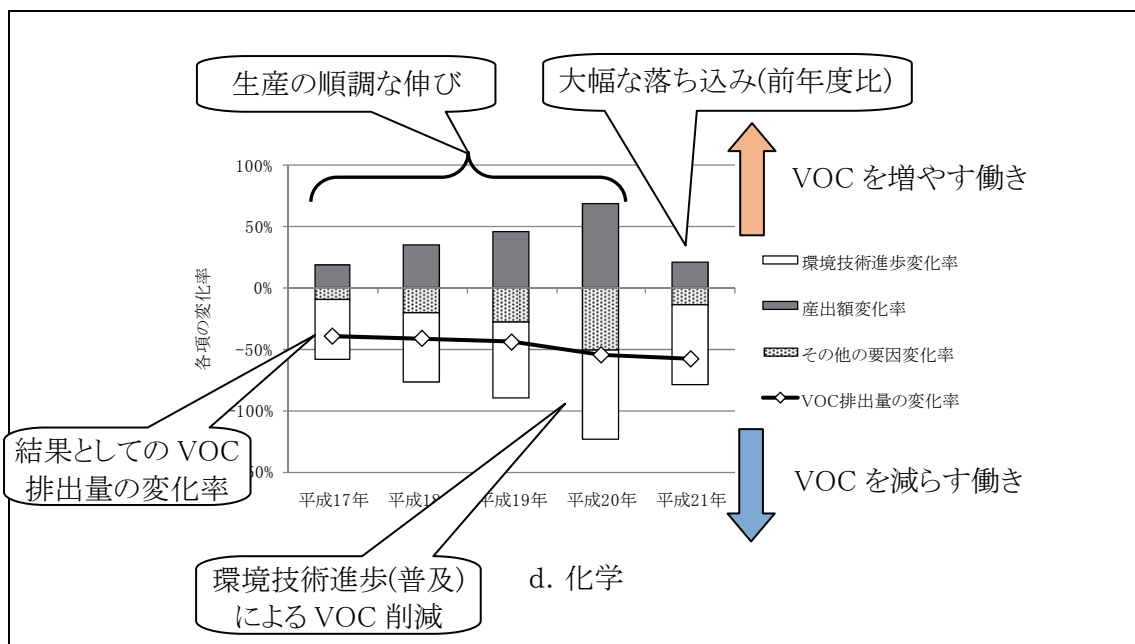


図3 分析結果の例



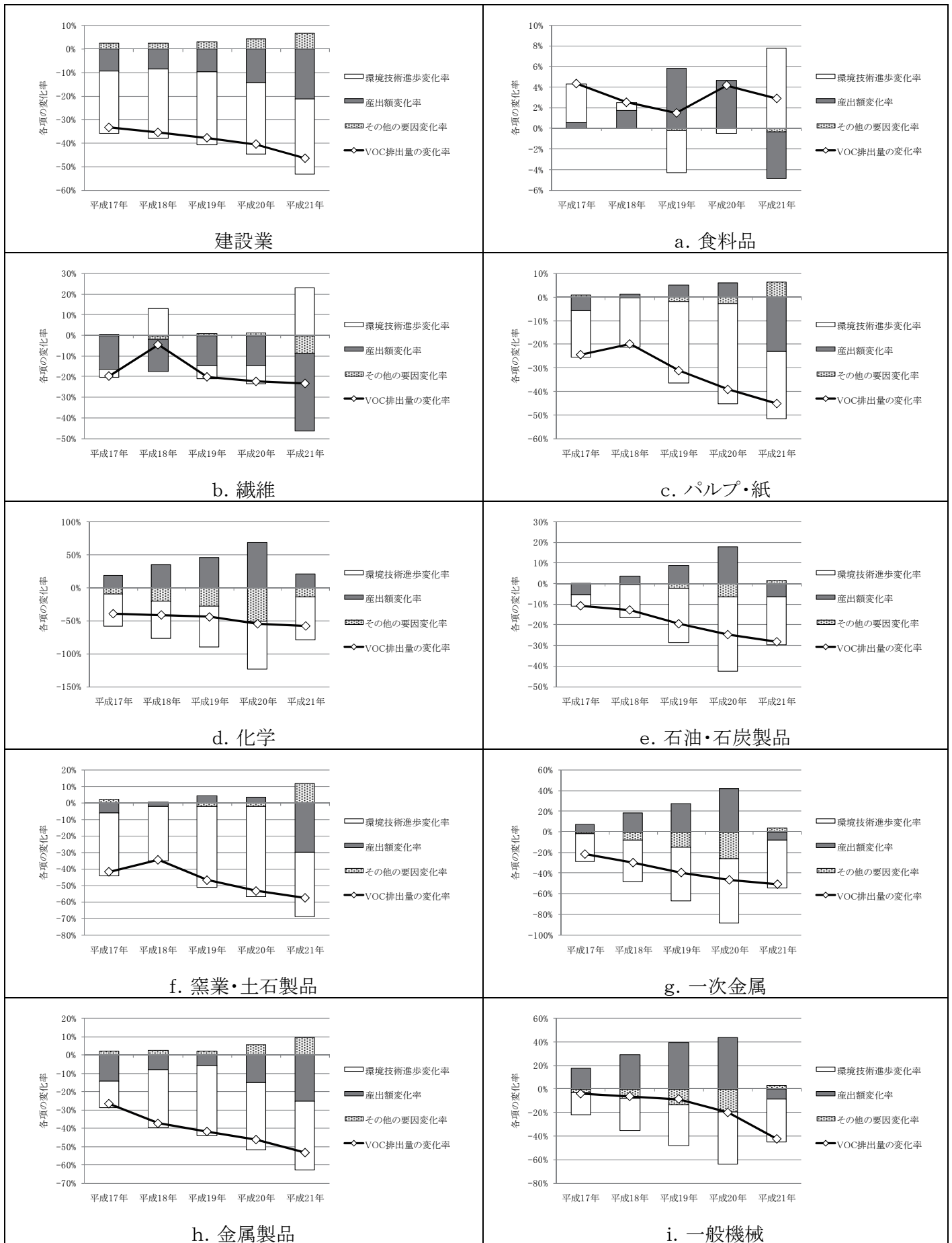


図 4 平成 12 年をベースとした平成 20 年度排出量変化率の要素分析結果(その 1)

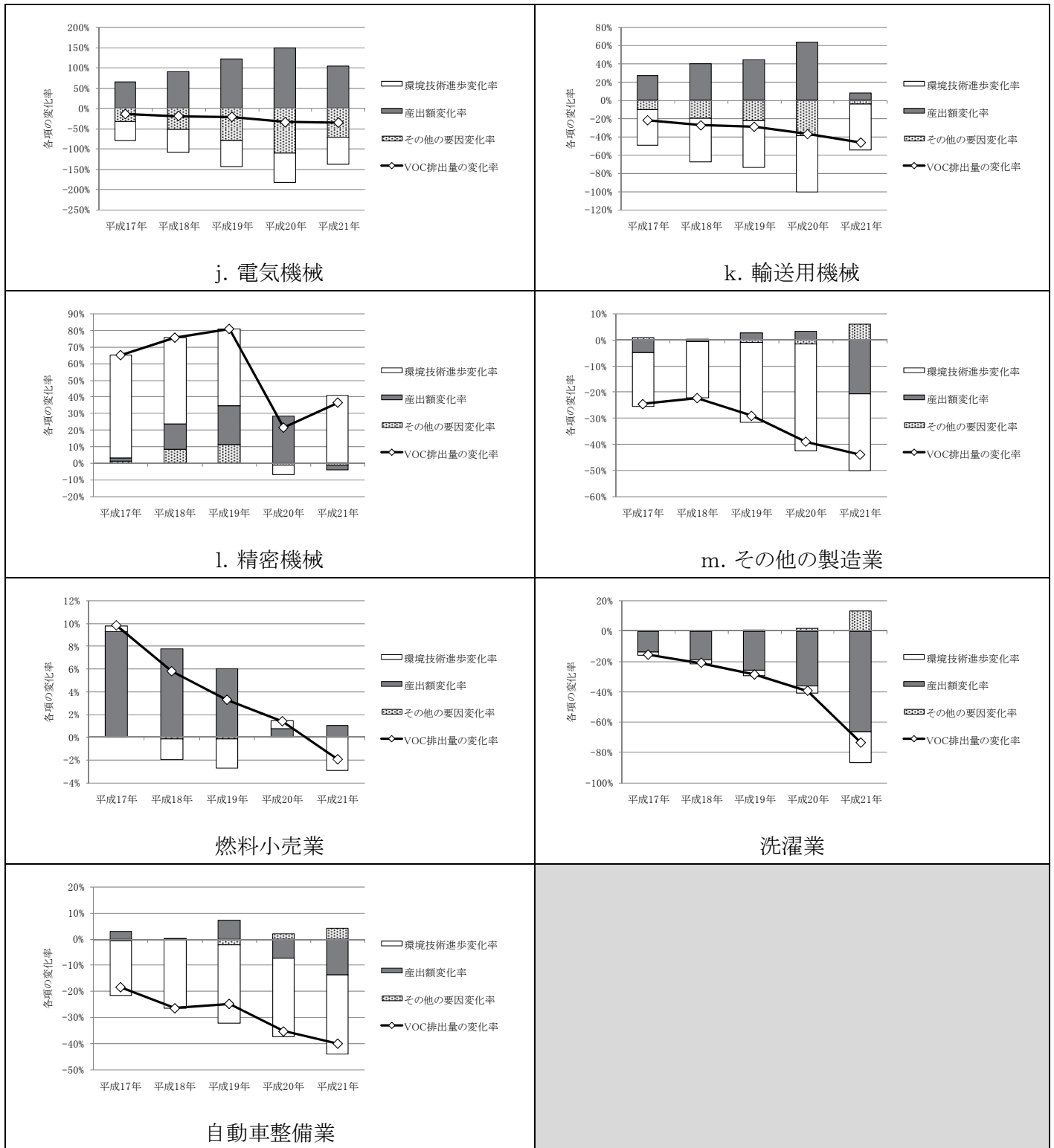


図 5 平成 12 年をベースとした平成 20 年度排出量変化率の要素分析結果(その 2)

表 9 平成 12 年をベースとした環境技術進歩及び産出額の変化率の要素分析結果

業種	VOC 排出量の変化率			環境技術進歩変化率			産出額変化率			リーマーンショックの影響		環境技術進歩変化率 〈産出額変化率〉		
	平成 17 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 17 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 17 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	産出額	環境技術進歩の停滞	平成 17 年度	平成 20 年度	平成 21 年度
建設業	-33%	-40%	-47%	-26%	-31%	-32%	-9%	-14%	-21%	●				
a. 食料品	4%	4%	3%	4%	0%	8%	0%	5%	-5%	●	●		●	
b. 繊維	-20%	-22%	-23%	-4%	-9%	23%	-16%	-15%	-38%	●	●	●	●	●
c. パルプ・紙	-24%	-39%	-45%	-20%	-43%	-29%	-6%	6%	-23%	●	●			
d. 化学	-39%	-55%	-58%	-49%	-73%	-65%	19%	69%	21%	●	●			
e. 石油・石炭製品	-11%	-25%	-28%	-6%	-36%	-24%	-5%	18%	-6%	●	●			
f. 窯業・土石製品	-42%	-53%	-58%	-38%	-55%	-40%	-6%	4%	-30%	●	●			
g. 一次金属	-22%	-47%	-51%	-27%	-62%	-46%	7%	42%	-8%	●	●			
h. 金属製品	-27%	-46%	-53%	-14%	-37%	-38%	-14%	-15%	-25%	●				
i. 一般機械	-4%	-20%	-42%	-19%	-44%	-37%	18%	44%	-8%	●	●			
j. 電気機械	-14%	-34%	-35%	-48%	-74%	-68%	66%	150%	104%	●	●	●	●	●
k. 輸送用機械	-22%	-37%	-46%	-39%	-62%	-50%	27%	64%	8%	●	●		●	
l. 精密機械	65%	21%	36%	62%	-5%	41%	2%	28%	-3%	●	●		●	
m. その他の製造業	-25%	-39%	-44%	-21%	-41%	-30%	-5%	3%	-21%	●	●			
燃料小売業	10%	1%	-2%	1%	1%	-3%	9%	1%	1%			●	●	
洗濯業	-16%	-39%	-73%	-2%	-5%	-21%	-14%	-36%	-67%	●	●	●	●	●
自動車整備業	-18%	-35%	-40%	-21%	-30%	-31%	3%	-7%	-14%	●				

注1: 産出額変化率が、平成 21 年度<平成 20 年度であるとき、産出額に対するリーマーンショックの影響があったものとみなした。また、環境技術変化率が、平成 21 年度<平成 20 年度であるとき、環境技術の進歩(普及)が停滞したものとみなした。

注2: 産出額変化率の絶対値が、環境技術進歩変化率の絶対値が大きい場合、影付けした。

(参考) 茅の恒等式

「茅の恒等式」とは、茅陽一(地球環境産業技術研究機構副理事長・研究所長)が提案した次式をいう。

$CO_2 = \frac{CO_2}{E} \times \frac{E}{GDP} \times \frac{GDP}{POP} \times POP$	数式 4
--	------

ここで、 $CO_2$ : ある年の  $CO_2$  排出量、 $E$ : ある年の一次エネルギー消費量、 $GDP$ : ある年の国内総生産、 $POP$ : ある年の総人口、を意味する。

数式 4 を全微分して、両辺を  $CO_2$  で除すると、

$\frac{dCO_2}{CO_2} = \frac{d\frac{CO_2}{E}}{\frac{CO_2}{E}} + \frac{d\frac{E}{GDP}}{\frac{E}{GDP}} + \frac{d\frac{GDP}{POP}}{\frac{GDP}{POP}} + \frac{dPOP}{POP}$	数式 5
--	------

となる。この 数式 5 は以下のように表現することができる。

$\begin{aligned} (\text{CO}_2 \text{ 増加率}) &= (\text{単位一次エネルギーあたりの CO}_2 \text{ 排出原単位変化率}) \\ &+ (\text{単位国内総生産あたりのエネルギー消費量の変化率}) \\ &+ (\text{国民一人当たり経済成長率の変化}) \\ &+ (\text{人口変化率}) \end{aligned}$	数式 6
--	------

また、式 4 において、各業種に投入する一次エネルギーと従業員の変化を省略すると、式 7 に示す茅の恒等式の簡易型が得られ、経済指標による影響を概観する場合に用いられている。

$CO_2 = \frac{CO_2}{GDP} \times GDP$	数式 7
--------------------------------------	------

この 数式 7 の  $CO_2$  を  $VOC$  に置き換えたものが、数式 1 となる。さらに、数式 7 を全微分したものを数式 8 と見なすことができる。

$CO_2 \text{ 増加率} = \text{技術進歩率} + \text{GDP 成長率}$	数式 8
--	------

例えば、山口光恒(東京大学先端科学技術研究センター特任教授)によれば、この 数式 8 を用いて、1990 年を基準にして、2050 年までに  $CO_2$  排出量を半減するには、GDP 成長率をゼロとした場合、年率 3.9% の技術進歩がなければならないとしている。また、これまでの数十年の実績は 1.2% (燃料転換を含む) であることから、その 3 倍強のテンポの技術進歩が必要とされるとしている。また、今後における技術進歩率がこれまでの実績程度と仮定すると、「 $CO_2$  排出量を半減するには GDP を成り行きから 8 割減らさなければならない」という結果が得られる。