

## 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
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>
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>
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対象業種(31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、製造業(24業種)及び建設業(3業種)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 評価に用いる製造業・建設業のVOC排出量

VOC業種名	全国のVOC排出量(t/年)				
	H12年度	H17年度	H18年度	H19年度	H20年度
製造業(24業種)	964,275	737,154	721,339	673,191	598,256
建設業(3業種)	222,902	148,555	143,763	138,640	129,207
評価対象外業種(14業種)	224,144	212,734	202,655	195,836	184,083
合計(31業種)	1,411,321	1,098,443	1,067,757	1,007,667	911,546

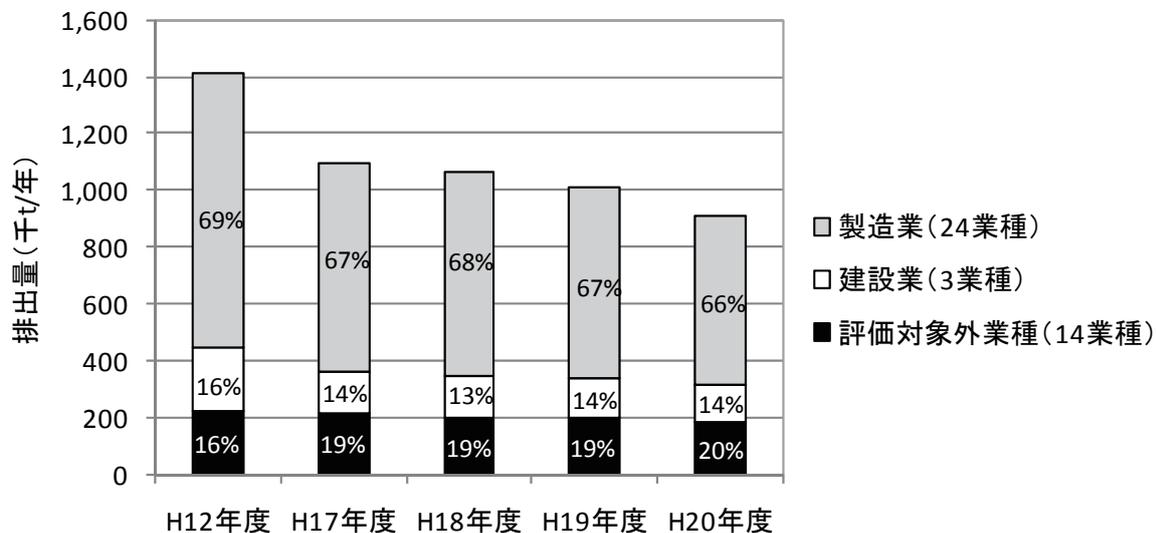


図1 評価に用いる製造業・建設業のVOC排出量

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

業種コード	業種名	平成 20 年度 排出量(t/年)	経済評価 対象業種	
01	農業	2,740		
04	水産養殖業	4,106		
05	鉱業	3,528		
06A	土木工事業	30,098	建設業 (129,207)	
06B	建築工事業	92,463		
06C	舗装工事業	6,646		
09	食料品製造業	5,315	製造業 (598,256)	
10	飲料・たばこ・飼料製造業	27,915		
11	繊維工業(衣類、その他の繊維製品を除く)	9,489		
12	衣服・その他の繊維製品製造業	100		
13	木材・木製品製造業(家具を除く)	11,642		
14	家具・装備品製造業	19,582		
15	パルプ・紙・紙加工品製造業	18,312		
16	印刷・同関連業	73,672		
17	化学工業	59,973		
18	石油製品・石炭製品製造業	46,443		
19	プラスチック製品製造業	60,733		
20	ゴム製品製造業	17,802		
21	なめし革・同製品・毛皮製造業	1,731		
22	窯業・土石製品製造業	2,886		
23	鉄鋼業	4,604		
24	非鉄金属製造業	6,004		
25	金属製品製造業	48,796		
26	一般機械器具製造業	23,911		
27	電気機械器具製造業	10,294		
28	情報通信機械器具製造業	4,080		
29	電子部品・デバイス製造業	3,477		
30	輸送用機械器具製造業	116,081		
31	精密機械器具製造業	5,223		
32	その他の製造業	20,189		
34	ガス業	76		
47	倉庫業	706		
603	燃料小売業	109,872		
76	学校教育	228		
81	学術・開発研究機関	87		
821	洗濯業	31,266		
86	自動車整備業	22,038		
87	機械修理業	361		
90	その他の事業サービス業	512		
98	特定できない業種	1,173		
99	家庭	7,390		
	総計	911,546		727,463

## (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

業種	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
(1)農林水産業	15,455	14,097	13,833	13,927	14,127
(2)鉱業	1,372	1,116	1,029	992	960
(3)製造業	301,981	309,582	327,185	341,598	346,128
(4)建設業	77,711	68,626	69,699	69,887	68,453
(5)電気・ガス・水道業	23,449	22,943	23,268	23,954	24,938
(6)卸売・小売業	100,321	97,259	96,297	98,835	98,611
(7)金融・保険業	42,857	46,344	47,809	48,109	42,738
(8)不動産業	64,418	66,927	67,434	68,028	68,604
(9)運輸・通信業	57,725	57,691	59,052	60,403	59,300
(10)サービス業	175,486	186,558	189,580	193,669	195,138
産業計	860,776	871,143	895,186	919,402	918,998

注:網かけは、本資料で経済性指標として使用したデータである。

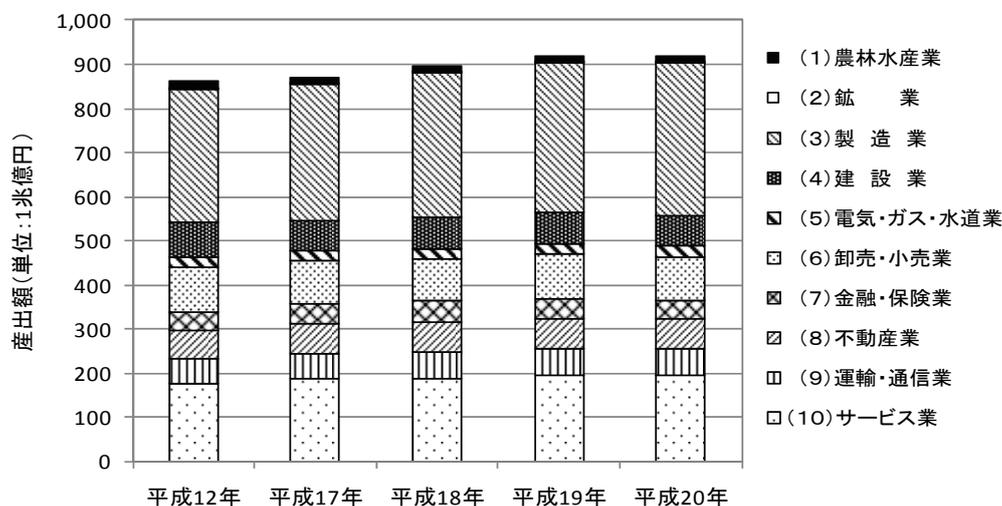


図 2 業種別産出額の概要

表 4 業種別産出額の詳細

経済活動の種類 \ 項目	産出額 (生産者価格表示) (単位:10 億円)	
	平成 12 暦年 (2000)	平成 20 暦年 (2008)
1. 産業	860,775.9	918,998.3
(1) 農林水産業	15,455.1	14,127.4
(2) 鉱業	1,372.1	960.4
(3) 製造業	301,980.7	346,128.3
a. 食料品	34,915.3	33,513.5
b. 繊維	2,774.8	1,948.8
c. パルプ・紙	8,990.0	8,585.2
d. 化学	26,583.7	32,353.9
e. 石油・石炭製品	13,395.0	27,416.4
f. 窯業・土石製品	8,267.6	7,437.4
g. 一次金属	24,206.9	47,211.5
h. 金属製品	13,158.9	12,163.3
i. 一般機械	28,896.5	34,035.6
j. 電気機械	54,083.1	45,409.7
k. 輸送用機械	42,084.6	56,731.9
l. 精密機械	3,828.4	4,053.3
m. その他の製造業	40,796.0	35,267.8
(4) 建設業	77,711.4	68,452.9
(5) 電気・ガス・水道業	23,449.4	24,938.1
(6) 卸売・小売業	100,321.1	98,610.9
(7) 金融・保険業	42,857.1	42,738.1
(8) 不動産業	64,417.5	68,604.1
(9) 運輸・通信業	57,725.2	59,300.3
(10) サービス業	175,486.2	195,137.9
2. 政府サービス生産者	63,161.7	65,031.4
(1) 電気・ガス・水道業	6,513.2	7,537.6
(2) サービス業	16,133.1	15,553.2
(3) 公務	40,515.4	41,940.7
3. 対家計民間非営利サービス生産者	12,444.3	14,908.6
(1) サービス業	12,444.3	14,908.6
小計	936,382.0	998,938.4
輸入品に課される税・関税	3,869.4	5,945.2
(控除)総資本形成に係る消費税	3,184.7	3,610.3
帰属利子	0.0	0.0
合計	937,066.7	1,001,273.3

出典:「平成 20 年度国民経済計算(平成 12 年基準・93SNA)」内閣府 経済社会総合研究所  
(<http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/h20-kaku/22annual-report-j.html>)

注:網かけは、本資料で経済性指標として使用したデータである。

#### 4. 試算結果について

式2に基づき、前章までに得られたデータを投入し、平成12年をベースとした平成20年度排出量の要素を分解した結果を表5、表6及び図3に示す。

これらの結果により、平成20年度までに、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5 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 (中分類)	排出量(t/年)・平成12年度→平成20年度			
	VOC排出量 の変化 $\Delta$ VOC	環境技術進歩 $\Delta$ (VOC/SAL)*SAL	産出額変化 $\Delta$ SAL*(VOC/SAL)	その他の要因 $\Delta$ (VOC/SAL)* $\Delta$ SAL
a. 食料品	1,329	19	1,310	1
b. 繊維	-3,191	-1,452	-1,964	225
c. パルプ・紙	-11,004	-11,943	1,585	-646
d. 化学	-73,532	-97,927	91,541	-67,146
e. 石油・石炭製品	-15,340	-25,001	16,228	-6,567
f. 窯業・土石製品	-3,119	-3,201	176	-94
g. 一次金属	-9,079	-12,197	8,197	-5,078
h. 金属製品	-40,739	-31,625	-14,092	4,977
i. 一般機械	-5,981	-13,388	13,414	-6,008
j. 電気機械	-10,626	-21,100	40,429	-29,955
k. 輸送用機械	-67,656	-112,696	116,488	-71,448
l. 精密機械	-1,036	-2,175	1,744	-606
m. その他の製造業	-126,046	-129,965	6,447	-2,528
(4) 建設業	-93,695	-73,873	-29,648	9,826

表6 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 (中分類)	排出量変化率・平成12年度→平成20年度			
	VOC排出量 の変化率 $\Delta$ VOC/VOC	環境技術進歩 変化率 $\Delta$ (VOC/SAL) *SAL/VOC	産出額変化率 $\Delta$ SAL*(VOC/SAL) /VOC	その他の要因 変化率 $\Delta$ (VOC/SAL)* $\Delta$ SAL/VOC
a. 食料品	4%	0.06%	4%	0.002%
b. 繊維	-25%	-11%	-15%	2%
c. パルプ・紙	-38%	-41%	5%	-2%
d. 化学	-55%	-73%	69%	-50%
e. 石油・石炭製品	-25%	-40%	26%	-11%
f. 窯業・土石製品	-52%	-53%	3%	-2%
g. 一次金属	-46%	-62%	42%	-26%
h. 金属製品	-46%	-35%	-16%	6%
i. 一般機械	-20%	-45%	45%	-20%
j. 電気機械	-37%	-74%	142%	-105%
k. 輸送用機械	-37%	-61%	63%	-39%
l. 精密機械	-17%	-35%	28%	-10%
m. その他の製造業	-38%	-39%	2%	-1%
(4) 建設業	-42%	-33%	-13%	4%

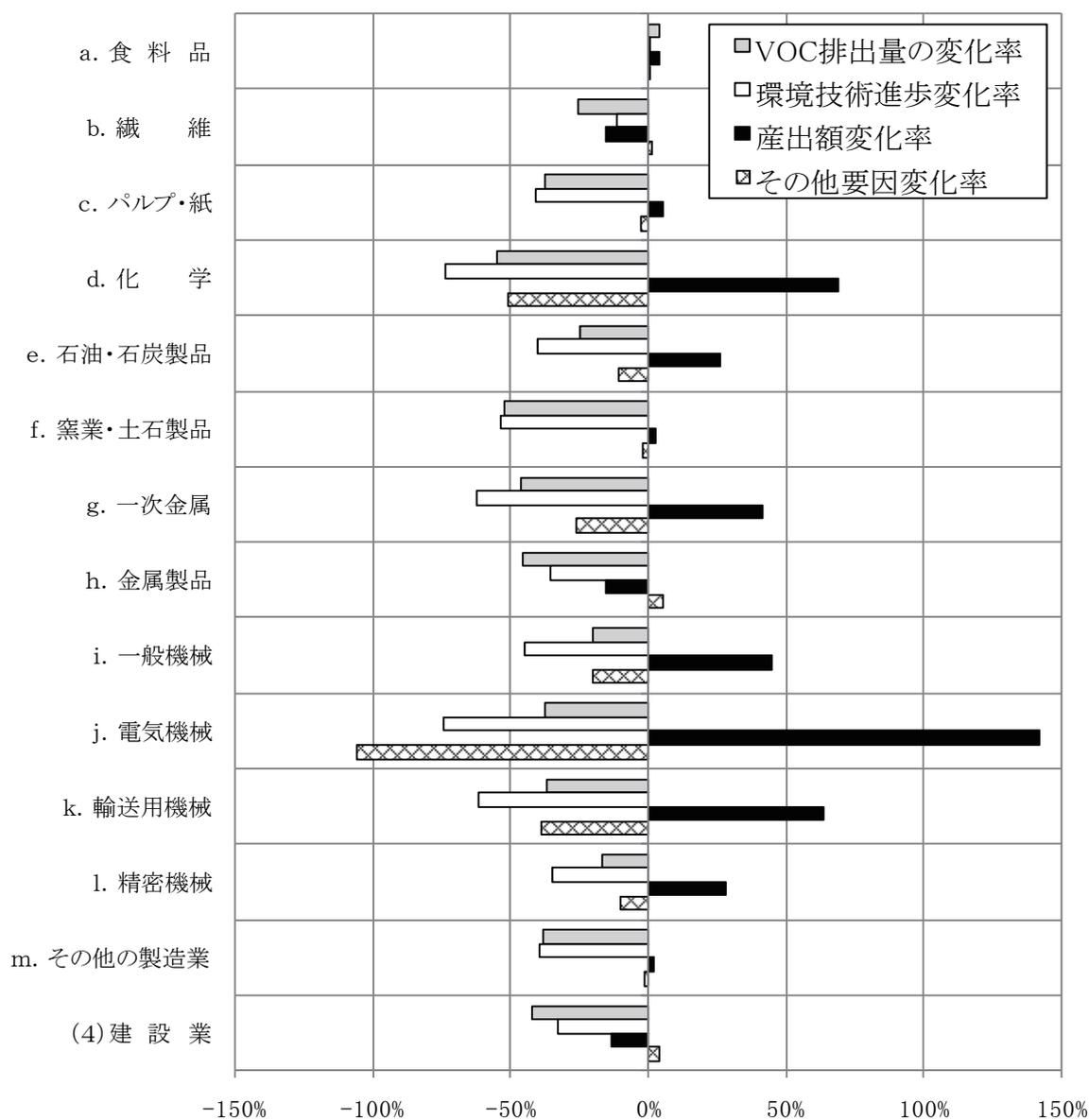


図 3 平成 12 年をベースとした平成 20 年度排出量変化率の要素分析結果

## 5. 今後の解析について

上記の試算は、VOC 排出インベントリの最新年である平成 20 年度を対象に行ったが、リーマンショックが平成 20 年秋ごろであり、暦年区切りである国民経済計算(SNA)データには、このような変動は大きくは現れていない。

今年度調査において、平成 21 年度排出量の推計結果が得られた段階で、平成 21 年度(国民経済計算は平成 20 年)を対象とした解析の実施を行う。

(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。

(参考)化学工業統計年報における生産量の変化

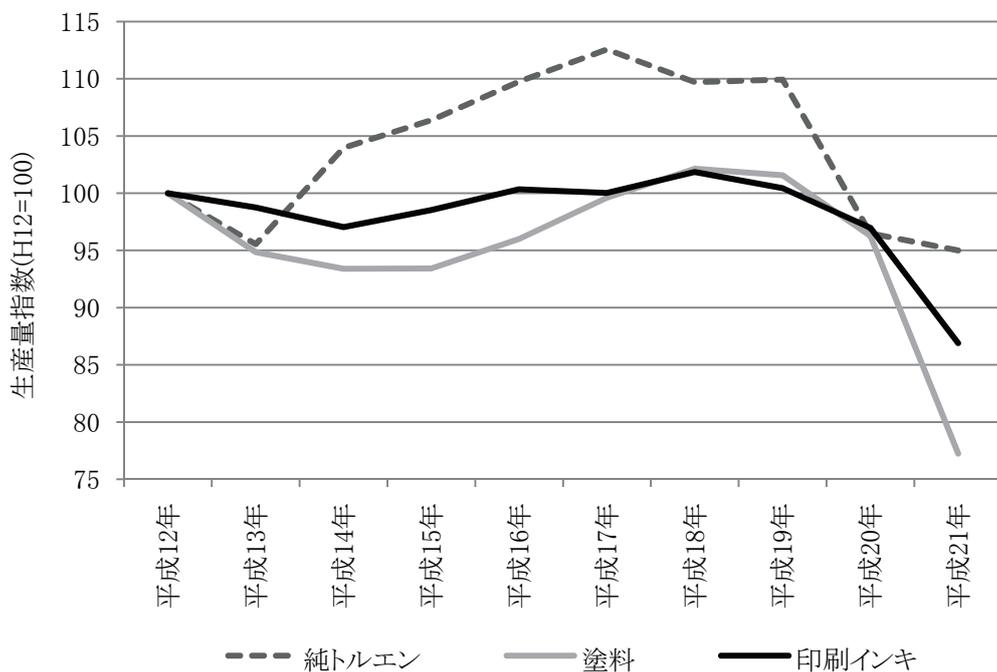


図 4 化学工業統計年報による塗料等の生産量の経年変化(年別)  
注:平成12年における生産量を100とした。

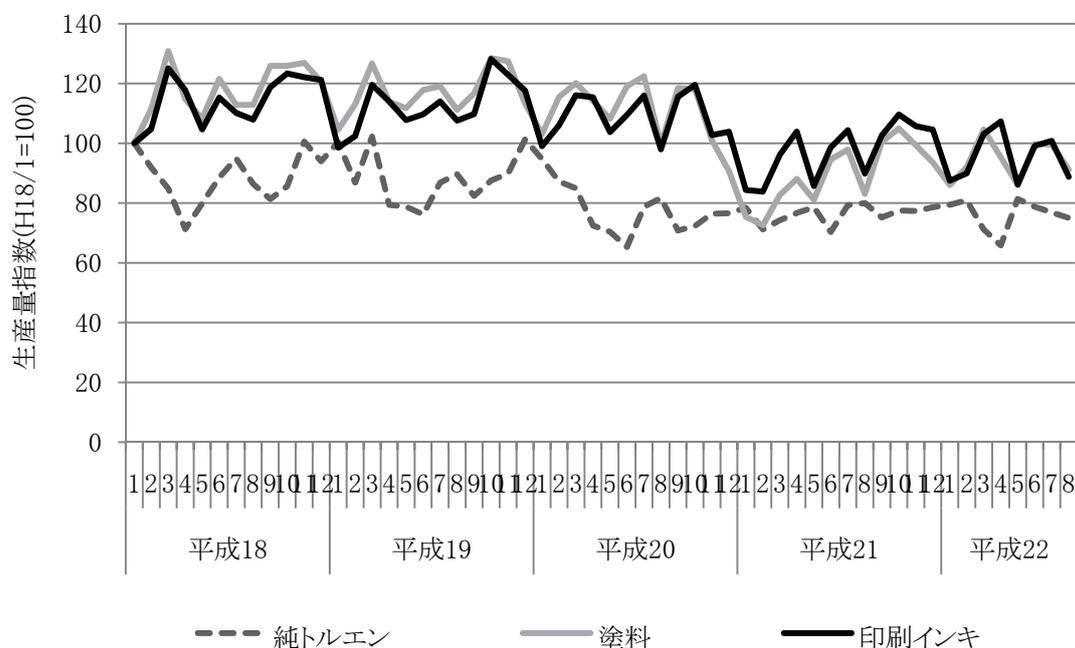


図 5 化学工業統計年報による塗料等の生産量の経年変化(月別)  
注:平成18年1月における生産量を100とした。