慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	水資源分析用スカイラインの開発 : 日本における2000-2005年の2時点分析
Sub Title	The construction of water resource skyline chart : time series analysis from 2000 to 2005 : case in Japan
Author	福石, 幸生(Fukuishi, Hideo)
Publisher	Keio Economic Observatory Sangyo Kenkyujo
Publication year	2010
Jtitle	KEO discussion paper No.122 (2010. 5)
JaLC DOI	10.14991/004.00000122-0001
Abstract	従来の水資源の研究は, 「仮想水」や「Water footprint」など, 主に輸入を対象としている. しかし, 輸入の視点のみでは, 経済活動における淡水取水の実態を明らかにしているとは言い難い. 本研究では, 国内の淡水需給構造を描写するとともに輸出入のパターンを明らかにする. そのために, 従来のスカイライン分析を応用し, 水資源分析用スカイラインを開発した. また宮川(2005)の新しい視点でのスカイライン分析にも応用を行い, この二つの分析手法により, 日本の2000年と2005年の2時点において分析を行い, 考察を行った.
Notes	
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA10715861-00000122-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

水資源分析用スカイラインの開発
-日本における 2000-2005 年の 2 時点分析-

福石幸生[1][2][3]

2010年5月
KEO Discussion Paper No.122

要約

従来の水資源の研究は，「仮想水」や「Water footprint」など，主に輸入を対象としている．しかし，輸入の視点のみでは，経済活動における淡水取水の実態を明らかにしているとは言い難い．本研究では，国内の淡水需給構造を描写するとともに輸出入のパターンを明らかにする．そのために，従来のスカイライン分析を応用し，水資源分析用スカイラインを開発した．また宮川(2005)の新しい視点でのスカイライン分析にも応用を行い，この二つの分析手法により，日本の 2000 年と 2005 年の 2 時点において分析を行い，考察を行った．

キーワード

水資源，産業連関表，スカイライン分析，日本

---

[1]慶應義塾大学商学研究科後期博士課程．慶應義塾大学産業研究所共同研究員
Email: hideo.fukuishi@gmail.com

[2]水資源分析用スカイラインの開発にあたり，桜本光教授（慶應義塾大学商学部），新井益洋名誉教授（慶應義塾大学産業研究所），早見均教授（慶應義塾大学商学部），中島隆信教授（慶應義塾大学商学部），新保一成教授（慶應義塾大学商学部）に貴重なコメントをいただいた．記して謝意を表したい．

[3]本研究は，平成 21 年度慶應義塾大学博士課程学生研究支援プログラムによる研究費の支援を受けて実施された．

1．本研究の目的と概要

John Anthony Allan が 1990 年代に，食糧，消費者製品生産の背後にある水の量の測定法として「仮想水（Virtual Water)」の概念を提議し[4]，現在，日本においてもその概念は広く浸透しつつある．特に，Oki, Kawamura, Miyake, Kanae and Musiake(2003)が試算した結果である現在の総仮想水輸入量の 640 億 m^3/年(内農畜産物は，627 億 m^3)は，広く知られている分析結果である．福石(2010)は，輸入した商品を自給した場合，生産誘発効果を含めてどれだけの淡水資源が必要になるかを，産業連関表を応用し，分析している．農林水産省は，日本の食料自給率は約 40%であり，非常に低い水準であると紹介している．農林水産業は食料自給率の上昇を重要な政策の一つと位置付けている．この中で，輸入されている商品を日本国内で自給するためにはどれだけの水が必要になるのか．これを把握することは，自給率を向上させるという日本の直近の課題に対して，水資源の視点から政策決定に非常に重要な情報を提供していくだろう．

しかし，輸入や移入のみを対象としている「仮想水」の議論だけでは，経済活動における淡水取水の実態を明らかにしているとは言い難い．国内需要水準を基準として，国内の供給水準および波及効果を含んだ輸出・輸入水準の相対的な関係から経済活動を捉え，それに合わせて淡水取水を考慮する必要がある．そして，時系列により，水利用と産業構造の変化を捉えることは，今後の日本の水資源戦略を考える上で，重要な情報を提供できるのではないだろうか．

上記のように経済活動を捉える伝統的手法の一つに，スカイライン分析がある．Leontief(1963)よりスカイライン分析が提唱されて[5]以降，様々な国や地域を対象として分析が行われ，数多くの功績を残している[6]．部門別の国内生産額および輸入という供給面の要因を，国内需要および輸出という需要面の要因に分解することで，国内の需要構造を描写すると同時に輸出のパターンを明らかにしている．また，居城(2007)は，スカイライン分析を CO_2 排出に応用し，CO_2 排出スカイライン分析を行っている．

この従来のスカイライン分析に新たな視点を加えたのが宮川(2005)である．従来のスカイライン分析は，「輸入中間財を要いて生産した商品を輸出する」といった貿易のパターンを表現できない点と，国内需要が存在しているのにもかかわらず国内生産が全く行われていない部門を表現できない点の合計 2 点で

---

[4] 詳しくは，Allan (1997), Allan(1999)を参照

[5] スカイラインの名前の由来は，この図が都市の空を刻む高層ビルのシルエットのように見えることに由来している．なお，Leontief 自身は，Self-Sufficiency chart と表現している．

[6] 黒田(1990)，尾崎(1990)，桑森(1999)，宮川(2003)を参照

問題があると指摘し，新たなスカイライン分析の方法を提示した．

本研究の目的は，経済活動によって取水される淡水を，部門別の国内生産額および輸入という供給面の要因に，そして，国内需要と輸出という需要面に分解することで，国内の淡水需要構造を描写するとともに，輸出入のパターンを明らかにすることである．そのために，伝統的な産業連関分析の手法の１つであるスカイラインを応用して，水資源分析用スカイラインを開発した．加えて宮川(2005)のモデルにおいても水資源情報を拡張し，分析を行っている．これら 2 つの視点から水資源と産業構造の関係について，考察を行う．なお，本研究では，便宜上，従来のスカイライン分析を，レオンチェフモデルと表現する．また，宮川(2005)のモデルを宮川モデルと表現する．そして，レオンチェフモデルを水資源分析用スカイラインに拡張したものを，水資源分析用レオンチェフスカイラインと表現する．宮川モデルを水資源分析用スカイラインに拡張したものを，水資源分析用宮川スカイラインと表現する．

第 2 節においては，レオンチェフモデルを応用した水資源分析用スカイラインの開発手法をまとめた．第 3 節においては，宮川モデルを応用した水資源分析用スカイラインの開発手法をレオンチェフモデルの開発手法をまとめた．第 4 節では，開発した水資源分析用レオンチェフスカイラインと水資源分析用宮川スカイラインをもとに，2000 年と 2005 年の水利用と産業構造の関係を時系列分析した．第 5 節では，第 4 節の結果をもとに，今後の課題をまとめている．

2．水資源分析用レオンチェフスカイラインの分析手法

最初に，レオンチェフモデルの方法を紹介し，それを水資源分析用スカイラインに拡張する過程を紹介する．次に，宮川モデルの方法論を紹介し，水資源分析用スカイラインに拡張する過程を紹介する．

レオンチェフモデルは，以下のような均衡産出高モデルを基礎として導出される．

$$x=(I-A)^{-1}(d+ex-m) \qquad (1)$$

ここで，

x: 国内生産額ベクトル

I: 単位行列

A: 投入係数行列

d: 国内最終需要額ベクトル

ex: 輸出額ベクトル

m: 輸入額ベクトル

上記の式から，国内生産額を国内最終需要，輸出，そして輸入の 3 つの要素に分解することができる．

$$x=(I-A)^{-1}d+(I-A)^{-1}ex-(I-A)^{-1}m \qquad (2)$$

上記が，一般的なスカイラインの導出である．

次に，水資源分析用スカイラインを開発するにあたり，まず，淡水取水量係数 w_j を定義する．これは，産業 j 部門が生産に実際に必要とした淡水取水総量[7] W_j から，産業 j 部門の生産額 X_j を割ることで，産業 j 部門の 1 単位(100 万円)あたりの生産に必要な淡水取水量である．

---

[7] 福石(2010)より，淡水取水総量は，上水道，工業用水道，そして，河川水や井戸水などのその他の淡水の 3 種類に分類分けされる．上水道とは，一般の水道のことで，飲用に適する水を供給する水道（上水道）から取水した水をいう．工業用水道とは，飲用に適さない工業用水を供給する水道（工業用水道）から取水した水をいう．

$$w_j = \frac{W_j}{X_j} \tag{3}$$

これを，(2)式に拡張し，以下のモデル式を得る．なお，ここでは，輸入された商品について仮想水の定義[8]を使用している．これにより，淡水取水誘発額が国内最終需要，輸出によってどれだけ増加しているか，輸入によってどれだけ水資源を節約しているかを分析することが可能である．

$$\begin{aligned} w &= w_c(I-A)^{-1}(d+ex-m) \\ &= w_c(I-A)^{-1}d + w_c(I-A)^{-1}ex - w_c(I-A)^{-1}m \\ &= w_D + w_E - w_M \quad (4) \end{aligned}$$

ただし，

w：淡水取水総量ベクトル

$\mathbf{w_c}$：淡水取水量係数ベクトル

$\mathbf{w_D}$：国内最終需要を満たすために必要な生産分に付随する水資源量

$\mathbf{w_E}$：輸出需要を満たすために必要な生産分に付随する水資源量

$\mathbf{w_M}$：輸入財を代替的に自国内で生産した場合に必要な生産分に付随する水資源量

(4)式を w_D について解くと，以下が導出される．

$$w_D = w + w_M - w_E \quad (5)$$

(5)式を部門別に表すと，以下の(6)式となる．

$$W_{Di} = W_i + W_{Mi} - W_{Ei} \quad (i=1,\cdots,n) \quad (6)$$

(6)式の両辺を W_{Di} で割ると，(7)式を得る．

$$1 = \frac{W_i}{W_{Di}} + \frac{W_{Mi}}{W_{Di}} - \frac{W_{Ei}}{W_{Di}} = \theta_i + \theta_{Mi} - \theta_{Ei} \quad (7)$$

(7)式より，W_i が W_{Di} を上回る部分では，$\theta_i > 1$ となり，この場合は，$\theta_{Mi} < \theta_{Ei}$ と

[8] 仮想水とは，食料などの輸入に伴って，輸入国でどの程度の水資源が節約されたかを表す概念である．(Oki et al., 2003)

なる．逆に，W_i が W_{Di} を下回る部分では，$\theta_i < 1$ となり，この場合は，$\theta_{Mi} > \theta_{Ei}$ となる．

次に，全部門の生産額合計に付随する水資源量に占める各部門の生産額に付随する水資源量の割合 S_i を以下のように定義する．

$$S_i = \frac{W_i}{\sum_j W_j} \quad (8)$$

(7)式と(8)式の結果を合わせて，水資源分析用レオンチェフスカイラインは描かれる．図 1 は，3 部門モデルの例である．

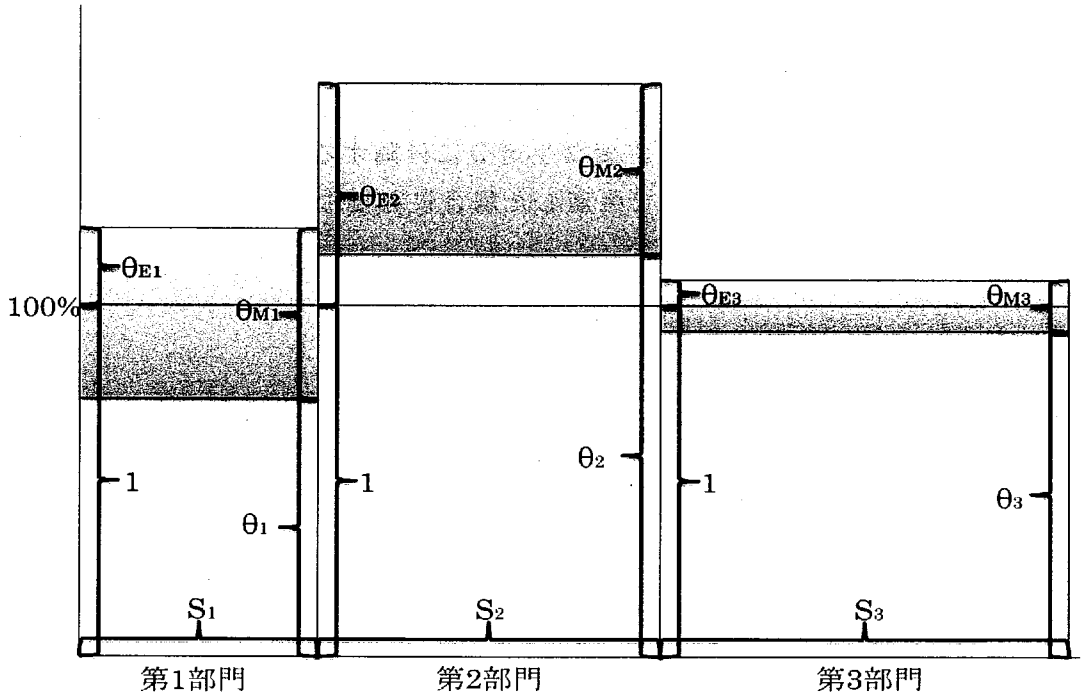

図 1　3 部門モデルによる水資源分析用レオンチェフスカイラインチャートの例

図の一つ一つの縦長の棒が，各部門を表している．棒の横幅が，(8)式で表されている全部門の生産額合計に付随する水資源量に占める各部門の生産額に付随する水資源量の割合 S_i を表している．棒の縦幅は，(7)式の各要因に対応している．

3．水資源分析用宮川スカイラインの分析手法

次に，宮川モデルである．「輸入中間財を要いて生産した商品を輸出する」といった貿易のパターンを表現できない点と，国内需要が存在しているのにもかかわらず国内生産が全く行われていない部門を表現できない点の合計 2 点の問題を解決している．

最初に，輸出・輸入部分の詳細な把握である．まず，輸入を考える．輸入分を表す x_M は以下のように表される．

$$x_M = (I - A)^{-1} m$$

ここで，現実の輸入ベクトル m は，以下のように表される．

$$m = \widehat{M}(Ax + d) \quad (9)$$

ただし，$\widehat{M}$は，輸入係数m_iを対角にもつ輸入係数行列

$$\widehat{M} = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & m_2 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & m_n \end{bmatrix}$$

次に，(1)式は，以下のように表される．

$$x = \{I - (I - \widehat{M})A\}^{-1}\{(I - \widehat{M})d + e\} \quad (10)$$

ここで，(6)式を(5)式に代入することで，以下を得る．

$$m = \{\widehat{M}AB_d(I - \widehat{M}) + \widehat{M}\}d + \widehat{M}AB_d e \quad (11)$$

ただし，

$$B_d = \{I - (I - \widehat{M})A\}^{-1}$$

(11)式の右辺第 1 項は，各部門の輸入における国内需要によって誘発される部分を表している．(11)式の右辺第 2 項は，輸入によって誘発される国内生産分$B_d e$の生産に必要な輸入中間財を表している．つまり，各部門の輸入における輸出によって誘発される部分を表している．

(11)式の右辺第 1 項$\{\widehat{M}AB_d(I-\widehat{M})+\widehat{M}\}d$は，以下のように表すことができる．

$$\{\widehat{M}AB_d(I-\widehat{M})+\widehat{M}\}d=\widehat{M}AB_d(I-\widehat{M})d+\widehat{M}d \quad (12)$$

$\widehat{M}AB_d(I-\widehat{M})d$は，国内最終需要によって誘発される国内生産分$B_d(I-\widehat{M})d$の生産に使用される輸入中間財を表している．$\widehat{M}d$は，国内最終需要によって直接的に誘発される輸入分を表している．

更に，(12)式をレオンチェフモデルの輸入分を表す$x_M=(I-A)^{-1}m$に代入すると以下が得られる．

$$x_M=Bm=B\{\widehat{M}AB_d(I-\widehat{M})+\widehat{M}\}d+B\widehat{M}AB_de=x_M^*+x_{ME} \quad (13)$$

ただし，

$$B=\{I-A\}^{-1}$$

(13)式の右辺第 1 項は，国内の需要によって誘発される輸入財を国内で生産した場合に必要となる各部門の総生産額である．右辺第 2 項は，輸出によって誘発される輸入財を国内で生産した場合に必要となる総生産額である．これにより，x_M の中に国内需要分と輸出需要分が混在している問題を解決したのが，宮川モデルである．

宮川モデルは，輸入だけでなく輸出においても，同様の考え方をしている．輸出分を表す x_E は以下のように表される．

$$x_E=(I-A)^{-1}e$$

これを，輸出によって誘発される国内生産分と，輸出によって誘発される輸入中間財を国内で生産した場合に必要となる生産分の 2 要因に分割する．分割の方法は，以下のようになる．

$$x_E=Be=B_de+B\widehat{M}AB_de=x_E^*+x_{ME} \quad (14)$$

(14)式の右辺第 1 項x_E^*が，輸出を満たすための全生産額を表している．右辺第 2 項x_{ME}は，輸出によって誘発される輸入中間財を国内で生産した場合に必要となる生産分を表している．

上記のように，宮川モデルは，輸出と輸入に対する新しい視点を与え，それ

らを2式に組み込むことで，以下のようなバランス式を得る．

$$x = x_D + x_E - x_M = x_D + (x_E^* + x_{ME}) - (x_M^* + x_{ME}) \quad (15)$$

これにより，輸出入パターンの重要な特徴点を見落とすことなく描写することが可能となった．これを，(2)式に拡張し，以下のモデル式を得る．

$$\begin{aligned} w = w_c(x_D + x_E - x_M) &= w_c x_D + w_c(x_E^* + x_{ME}) - w_c(x_M^* + x_{ME}) \\ &= w_D + w_E^* + w_{ME} - w_M^* - w_{ME} \quad (16) \end{aligned}$$

これにより，水資源分析用レオンチェフスカイラインとは異なり，水資源分析用宮川スカイラインは，輸出においては，輸出を満たすための全生産額x_Eに付随した水資源量w_Eを，輸出によって誘発される国内生産分x_E^*に付随する水資源量w_E^*と，輸出によって誘発される輸入中間財を国内で生産した場合に必要となる生産分x_{ME}に付随する水資源量w_{ME}に分けることができる．そして，輸入においては，全ての輸入財を代替的に国内で生産した場合の全生産分x_Mに付随した水資源量w_Mを，国内需要によって誘発された輸入分x_M^*に付随する水資源量w_M^*と，輸出によって誘発された輸入分x_{ME}に付随する水資源量w_{ME}に分けることができる．

(16)式を部門別に表すと，以下が得られる．

$$W_{Di} = W_i + W_{Mi}^* + W_{MEi} - W_{Ei}^* - W_{MEi} \quad (i=1, \cdots, n) \quad (17)$$

(17)式の両辺をW_{Di}で割ることによって，以下の(18)式を得る．

$$1 = \frac{W_i}{W_{Di}} + \frac{W_{Mi}^*}{W_{Di}} + \frac{W_{MEi}}{W_{Di}} - \frac{W_{Ei}^*}{W_{Di}} - \frac{W_{MEi}}{W_{Di}} = \theta_i + \theta_{Mi}^* + \theta_{MEi} - \theta_{Ei}^* - \theta_{MEi} \quad (18)$$

次に，国内需要が存在しているのにもかかわらず国内生産が全く行われていない部門を表現できない問題を克服するために，スカイラインチャートの棒の横幅として，生産額シェアに代わる新たな指標を定義する．以下のようになる．

$$S_i^* = \frac{W_{Di}}{\sum_j W_{Dj}} \quad (19)$$

(14)式と(15)式の結果を合わせて，水資源分析用宮川スカイラインは描かれる．図 2 は，3 部門モデルの例である．図 1 においては灰色で表現されていた輸入分が，輸出によって誘発された輸入分を表す黒色部分と，国内需要によって誘発された輸入分を表す灰色部分に分割されたことがわかる．また，横軸を S_i^* で表すことで，国内需要が存在しているのにもかかわらず国内生産が全く行われていない部門を表現できない点を解決したこととなる．

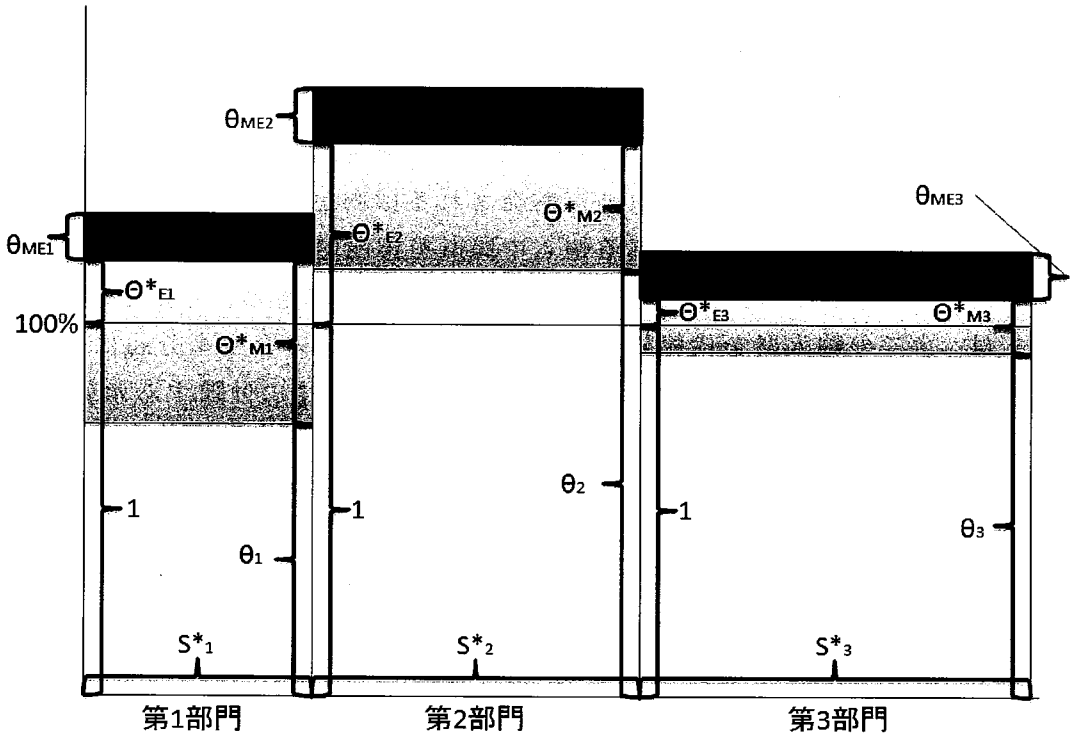

図 2　3 部門モデルによる水資源分析用宮川スカイラインチャートの例

なお，宮川モデルにおいては，レオンチェフモデルとは異なり，棒の面積が持つ意味を明確にした貢献があるが，水資源分析用宮川スカイラインにおいても，棒の面積の意味を明確に表すことができる．まず，w に対応する部分の面積は以下のようになる．

$$\theta_i \times S_i^* = \frac{W_i}{W_{Di}} \times \frac{W_{Di}}{\sum_j W_{Dj}} = \frac{W_i}{\sum_j W_{Dj}}$$

w_Mに対応する部分の面積は以下のようになる.

$$\theta_{Mi} \times S_i^* = \frac{W_{Mi}}{W_{Di}} \times \frac{W_{Di}}{\sum_j W_{Dj}} = \frac{W_{Mi}}{\sum_j W_{Dj}}$$

w_Eに対応する部分の面積は以下のようになる.

$$\theta_{Ei} \times S_i^* = \frac{W_{Ei}}{W_{Di}} \times \frac{W_{Di}}{\sum_j W_{Dj}} = \frac{W_{Ei}}{\sum_j W_{Dj}}$$

そして, 以下の式が常に成り立つ.

$$\sum_i \left[\frac{W_i}{\sum_j W_{Dj}} + \frac{W_{Mi}}{\sum_j W_{Dj}} - \frac{W_{Ei}}{\sum_j W_{Dj}} \right] = \frac{\sum_i (W_i + W_{Mi} - W_{Ei})}{\sum_j W_{Dj}} = 1$$

つまり, 棒の各部分の面積は, $\sum W_{Di}$に対する各要素(W_i, W_{Mi}, W_{Ei})のシェアとして解釈することが可能である.

4. 分析結果

この節では, 前節において開発した水資源分析用レオンチェフスカイラインと水資源分析用宮川スカイラインを使用した分析結果をまとめる.

本研究においては, 2000 年産業連関表と 2005 年産業連関表を, それぞれ部門統合し, 27 部門表を作成した. 産業分類は, 表 1 である. それにあわせて, 淡水の情報を付加した. 2000 年, 2005 年の淡水の情報については, 福石(2010)の方法論を応用し, 作成を行った. これを, 産業連関表の部門分類に合わせ, 淡水取水量係数ベクトルを作成した.

表 1　産業分類(27 部門)

1	米
2	麦類
3	いも・豆類
4	野菜・果実
5	その他の食用作物

6	飼料作物
7	その他の非食用作物
8	畜産
9	農業サービス
10	林業
11	漁業
12	鉱業
13	食料品
14	繊維製品
15	パルプ・紙・木製品・出版・印刷
16	化学製品
17	石油・石炭製品
18	窯業・土石製品
19	鉄鋼
20	非鉄金属
21	金属製品
22	一般機械
23	電気機械
24	輸送機械
25	その他の製造工業製品
26	サービス業
27	分類不明

まず，水資源分析用レオンチェフスカイラインを検証する．図3は，2000年における水資源分析用レオンチェフスカイラインである．まず，農林水産業が 1 国の淡水取水の合計に占める割合が非常に大きいことがわかる．米が構成比の約 60%を占め，その後に，飼料作物と漁業が続く．縦軸を見てみると，自給率 100%を超えるのはほとんどが製造業である．農林水産業を見てみると，ほとんどが 100%に近い値を示している．

次に，農林水産業に注目して見ていく．全ての部門において，国内の淡水取水と仮想的な水により，自給率 100%を満たしている状態である．特に，その他の食用作物においては，大部分を他国の淡水に依存していることがわかる．他にも，麦類も，50%以上の淡水を輸入でまかなっている．飼料作物も，約 40%近

くを，輸入を通じた仮想的な水にたよっている．漁業も同様に，他国の淡水に大きく依存をしている．

次に，農林水産業以外を見ていく．まず，横軸を見ていく．大きなシェアを持っているのが，パルプ・紙・木製品・出版・印刷，そして化学製品である．この 2 部門で，製造業全体の約 40%近くのシェアを占めている．その後，サービス業，鉄鋼，そして食料品などが続く．縦軸を見ると，輸送機械，電気機械，非鉄金属，そして鉄鋼が 150%を超えている．その中で，非鉄金属部門を除き，自給率が大部分を占めている．これらの産業においては，輸出を通じて国内の多くの淡水が輸出されていることがわかる．他にも，100%を大きく超える産業は，一般機械，化学基礎製品，窯業・土石製品と多くの製造業が，輸出を通じて多くの淡水を輸出しているのがわかる．

2000 年においては，農林水産業においては，輸入による仮想的な水により，自給率を 100%満たしているのがわかる．反対に，製造業においては，輸出を通じて多くの仮想的な水を他国に輸出していることがわかった．

この傾向は，2005 年においては，どのように変化しただろうか．2005 年の水資源分析用スカイラインは，図 4 に表される．

まず横軸を見てみると，最もシェアの大きな産業は，2000 年と変わらず米である．その次に，飼料作物，そして漁業と続く．縦軸を見てみると，2000 年と同様，自給率 100%を超えるのはほとんどが製造業である．農林水産業を見てみると，ほとんどが 100%に近い値を示している．

次に，農林水産業に注目して見ていく．傾向としては 2000 年とほとんど変わらない．全ての部門において，国内の淡水取水と仮想的な水により，自給率 100%を満たしている状態である．そして，その他の食用作物や麦類などは，2000 年と同様，そのほとんどの水を輸入による仮想的な水でまかなっている．

次に，農林水産業以外を見ていく．まず，横軸を見ていく．2000 年においては，大きな順から,パルプ・紙・木製品・出版・印刷，化学製品，そして，鉄鋼と続く．2005 年においても，同様の並びである．

縦軸の結果を考察する．輸送機械が最も大きく，200%近くである．その次に，電気機械，鉄鋼，非鉄金属，そして一般機械と続く．2000 年と比べて，製造業全体における仮想的な水の輸出率が大きくなっている．その輸出の中における，自給率も増加しており，製造業においては，輸出を通じて他の国への仮想的な水の流出が増加の傾向であることがわかる．

Japan 2000 Water Resource Skyline Leontief model

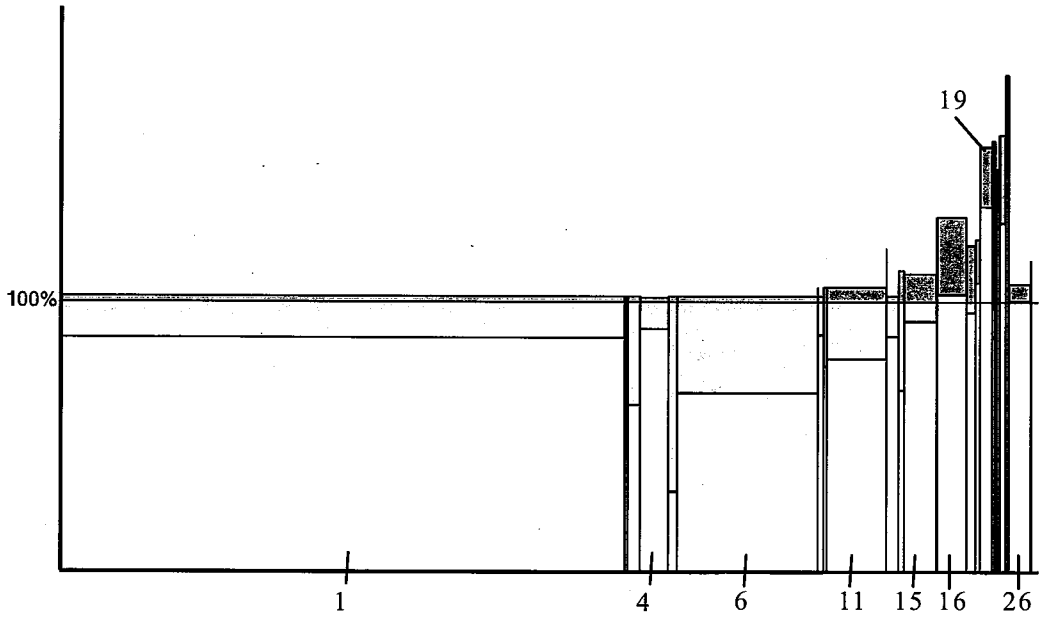

図 3　2000 年水資源分析用レオンチェフスカイライン

Japan 2005 Water Resource Skyline Leontief model

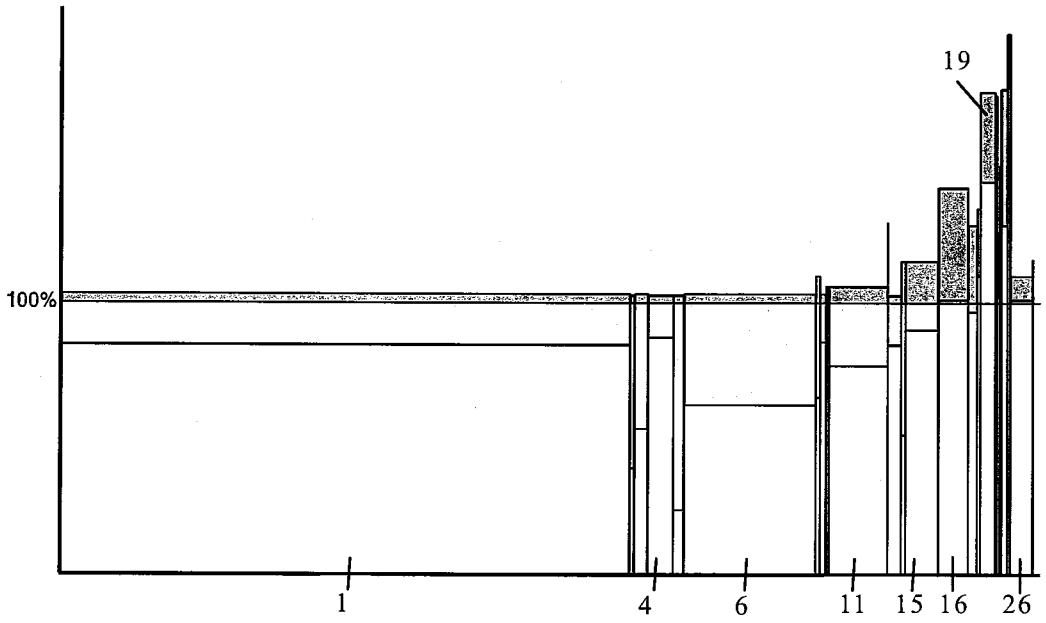

図 4　2005 年水資源分析用レオンチェフスカイライン

(注) 図 3 と図 4 における図中数値は，表 1 の産業分類に対応している．

次に，水資源分析用宮川スカイラインを検証する．図5は，2000年における水資源分析用宮川スカイラインである．図6は，2005年における水資源分析用宮川スカイラインである．

まず，横軸の検証を行う．図3と図5の2000年の分析結果を比較すると，各部門の棒の横幅が異なっていることがわかる．例えば，米部門の横幅が減少しているが，いも・豆類，その他の食用作物，そして飼料作物などの部門の横幅が増加していることがわかる．宮川モデルにより，国内の生産が少なく国内需要の大部分を輸入に頼っている部門においては棒が太くなり，逆に輸出を多く行っている部門については，棒が細くなる．これは，図4と図6の2005年の分析結果においても，同様の傾向が表れている．

次に，宮川モデルで新たに拡張された青色の部分を検証する．この青色の部分が輸出財によって誘発される中間財の輸入分に付随する水資源を表しているわけだが，図5より，化学製品，鉄鋼，非鉄金属，金属製品などの部門において，その割合が大きいことがわかる．これは，最終的に輸出される完成品の中間財として輸入されている商品に付随する水資源量の割合が大きいことがわかる．この傾向は，製造業を中心として見られており，大量に輸出する商品の生産のための輸入中間財が存在し，それに付随する水資源量が大きいことがわかる．

図6から，化学製品を中心として，2005年において，その割合が更に大きくなってきている．ここから，輸出財に付随する水資源において、その輸出財を生産するために投入された輸入原材料の水資源の割合が高まってきていることがわかる．これは，近年の国際貿易におけるフラグメンテーションなどの貿易構造の変化などが理由として考えられる．このように，宮川スカイラインのフレームワークにより，現在の貿易構造をより反映した分析結果を得ることが可能になった．

Japan 2000 Water Resource Skyline Miyagawa model

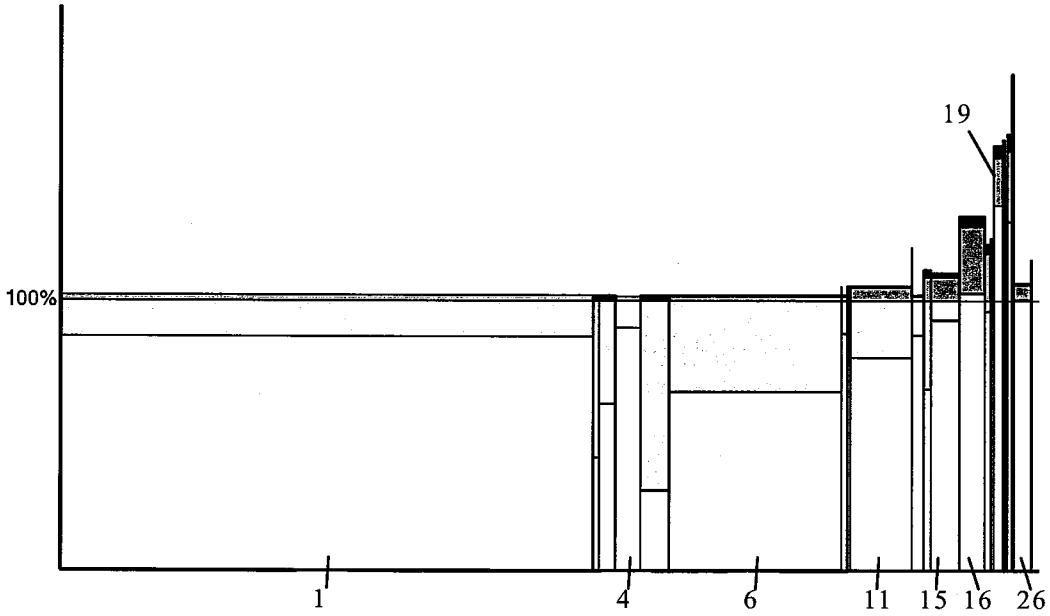

図 5　2000 年水資源分析用宮川スカイライン

Japan 2005 Water Resource Skyline Miyagawa model

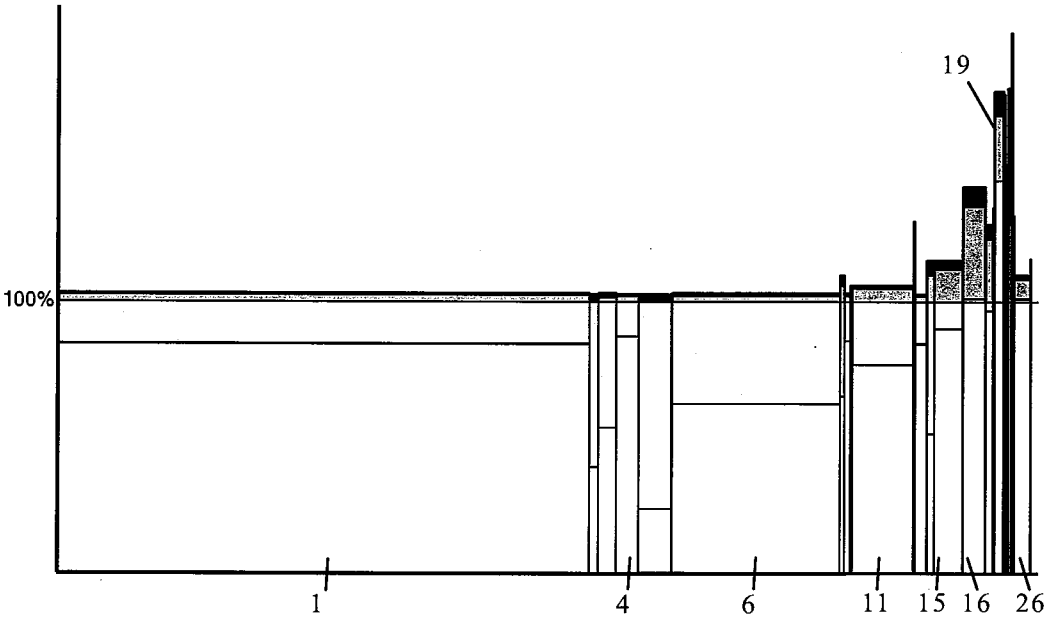

図 6　2005 年水資源分析用宮川スカイライン

(注) 図 5 と図 6 における図中数値は，表 1 の産業分類に対応している．

5．おわりに

本研究の目的は，経済活動によって取水される淡水資源を，部門別の国内生産額および輸入という供給面の要因に，そして，国内需要と輸出という需要面に分解することで，国内の淡水需要構造を描写するとともに，輸出入のパターンを明らかにすることである．そのために，伝統的な産業連関分析の手法の1つであるスカイラインを応用して，水資源分析用スカイラインを開発した．

そして，従来のレオンチェフモデルだけでなく宮川(2005)の方法論も水資源分析用スカイラインに応用することで，構造的に水資源を検証し，かつモデルの検証も行った．

本研究においては，2時点のみの分析であったが，今後，より時点を拡張した分析を行いたい．また，他国表に応用することで，国家間の比較を行いたい．また，本研究により，輸入のみならず，国内需要と輸出の要素を取り入れることができたが，水利用と経済活動の関係を表す上で，重要な要素の一つである空間の要素を取り入れるには至っていない．今後，時系列の水利用のデータの整備と合わせて，この課題に取り組んでいく．

参考文献

居城琢(2005)「日本経済のCO2排出構造変化分析（石油危機後から90年代まで）CO2排出誘発係数，排出量変化の要因分解，CO2排出スカイライン分析を通じて」『産業連関－イノベーション＆I-Oテクニークー』第13巻第1号，pp.16-25

宇多賢治郎(2003)「応用産業連関分析講座(2)　スカイライン分析と分析用ツール「Ray」の紹介」『産業連関－イノベーション＆I-Oテクニークー』第11巻第2号，pp.63-76.

尾崎巌(1990)「産業連関分析とは何か(IV)-単位構造系とエネルギー効率-」『産業連関－イノベーション＆IOテクニークー』第1巻4号

黒田昌裕(1990)「経済構造変化と国際競争力-日米経済の比較から-」『産業連関－イノベーション＆I-Oテクニークー』第1巻第3号

桑森啓(1999)「ASEAN諸国の域内経済協力と経済統合-産業スカイラインによる

分析-」『産業連関－イノベーション＆I-Oテクニーク－』第9巻第2号, pp.45-51.

福石幸生(2009)「日本水利用産業連関表の地域間表への拡張と課題」環太平洋産業連関学会第 20 回学会報告論文

福石幸生(2010)「日本水利用産業連関表の作成と課題－生産活動によって誘発される淡水取水量－」『産業連関－イノベーション＆IO テクニーク－』第 17 巻 3 号, pp. 57-73

宮川幸三(2003)「日本・中国の経済構造および貿易構造の現状」『経済学季報』第53巻1・2号, 立正大学経済学会

宮川幸三(2005)「スカイラインチャートによる産業構造分析の新たな視点」『産業連関－イノベーション＆IOテクニーク－』第13号2号, pp. 54 -66.

Allan, J.A. (1997) "Virtual water: a long term solution for water short Middle Eastern economies?," *Proceedings of the Paper Presentation at the 1997 British Association Festival of Scientists*, University of Leeds, Water and Development Session, 1997

Allan, J.A. (1999) "Water Stress and Global Mitigation: Water, Food and Trade." Arid Lands Newsletter #45, Spring/Summer, 1999

Fukuishi, H. (2009) "Water use in the Japan economy in 2000: an input-output approach" 17th International Input-Output Conference, 2009, Brazil, Sao Paulo.

Leontief, Wassily W.(1963), "The Structure of Development", In Input-Output Economics, edited by Wassily W. Leontief. New York: Oxford University Press, 1966. (新飯田宏訳(1969)『産業連関分析』岩波書店.)

Oki, T., Sato, M., Kawamura, A., Miyake. M., Kanae, S., and Musiake, K. (2003), "Virtual water trade to Japan and in the world," *Virtual Water Trade*, Edited by A.Y. Hoekstra, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12, pp. 221-235, February 2003

The Construction of Water Resource Skyline Chart -Time Series Analysis from 2000 to 2005: Case in Japan-

Hideo Fukuishi

Abstract

This paper constructs and analyzes water resource skyline chart of Japan from 2000 to 2005. Because "Virtual water" concept study focus only import factor, it is not sufficient to identify the characteristics of the relationship between water resource and economic structure.

This study applies traditional skyline analysis which includes 3 elements such as domestic demand, export and import, and tries to apply Miyagawa (2005) method. It would provide the implication of adaptation water resource policy.

Keywords

Water resource; Input-Output Table; Skyline analysis; Japan