

都市ガス卸市場における LNG 導入の比較検証

土 井 直

要約

LNG（液化天然ガス）基地の有無と経営規模で、大規模、中堅、中小の3種に分類される、都市ガス事業に携わる私営企業について、同一の財務データを用い、同一の関数形で費用関数をそれぞれ推定した結果、LNG 導入の中で統計的に有意に変化した。大規模事業者と中規模事業者の価格支配力は強いといえる。また、LNG 導入の効果として総費用が効率的になった。さらに、3つのグループで、大規模事業者の家庭用・商業用他への供給量を除き、経済性の存在を確認できる。特に、工業用での規模の経済性が大きい。

I. はじめに

本研究は、都市ガス事業に携わる私営ガス事業者を、LNG 基地の有無と経営規模（大規模、中堅、中小）で3グループに分類し、同一のデータおよび関数形でトランス・ログ型の費用関数を用いてそれぞれ推定し、以下の目的に応じて検証する。

第1の目的は、大規模および中堅事業者がもつ卸価格支配力が、LNG 基地導入の前後で統計的に有意な変化があったかどうかを検証することである。第2の目的は、LNG 導入の効果は観察できるかである。第3の目的は、3グループの規模の経済性を推定することである。特に、中小事業者に規模の経済性が存在するか検証する。

トランス・ログ型の費用関数を用いて規模の経済性を推定した文献としては、Christensen et al. (1976) が OLS で米国電力市場を分析している。ただ、費用関数と費用のシェア方程式を同時推定するため、通常は Zellner (1962) の SUR 推定を実施することが多い。ガス産業では、例えば、Kim et al. (1995)、Fabbri et al. (2000)、Alaeifar et al. (2014)、Jeong-Joon Yu et al. (2019) があげられる。その他、Caves et al. (1981) と McGeehan (1993) は米国鉄道事業について、Evans et al. (1988) は通信事業について、Renzetti (1999) は水道事業について、SUR 推定でそれぞれ実証分析している。

国内では、竹中他 (1994) が都市ガス事業、衣笠 (1994) が航空輸送産業、桑原他 (2000) が電力産業、手塚他 (2017) が海運産業について、それぞれトランス・ログ型費用関数と費用のシェア方程式を SUR 同時推定している。

本稿でも、トランス・ログ型費用関数は採用するが、後述する理由により SUR 推定は行わず、代わりに固定効果モデルを用いる。

本稿の構成は以下のとおりである。2章で、都市ガス市場構造の概略を簡略に述べ、3章で、費用関数推定の方法論について、4章で推定結果、5章でまとめを述べる。

II. 都市ガス市場の構造

実証分析の対象となる都市ガス市場に関する基本的特徴を簡略に述べる。都市ガス市場は、観察期間（1990～2016年度）中に、1995年、1999年、2004年、2007年の部分自由化¹⁾を経験し、2017年4月の全面自由化となった。同市場規模は、1990年度643（ $\times 10^{15}\text{MJ}^2$ ）から2016年度1578（同）へ2.45倍に拡大している（図1）。特に、東京ガス、大阪ガス、東邦ガス、西部ガスの4社の市場占有率は、市場規模の拡大に伴い、80.7%（1990年度）から75.6%（2016年度）へ減少するも、圧倒的である（図2）。しかしながら、その他の私営ガス事業者は173者で、中小規模が大半である。また、近年の傾向として、家庭用・商業用・その他の販売比率が低下し、工業用の販売比が50%を超えるに至っている（図3）。

本稿で注目するLNG基地についていえば、1969年に国内初のLNG基地が稼働し、1991年から高カロリーガス種への統一を目指した「IGF21計画³⁾」が官民共同で推進され、前述の部分自由化の過程で、LNG基地の増設のペースが速まった。現在、都市ガス事業者でLNGの1次・2次基地を保有するのは、12者である⁴⁾（表1）。

この表1をもとに、本稿では、都市ガス事業者を3つのグループに分類して、分析を進めることになる。

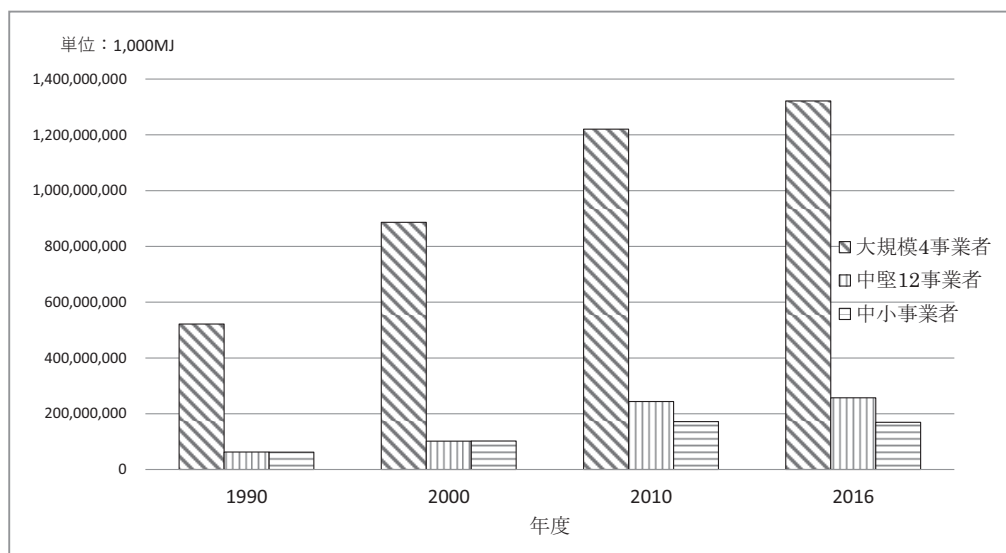


図1. 事業者規模別の都市ガス製造量の推移

出典：図1～3は『ガス事業（統計）年報』より作成

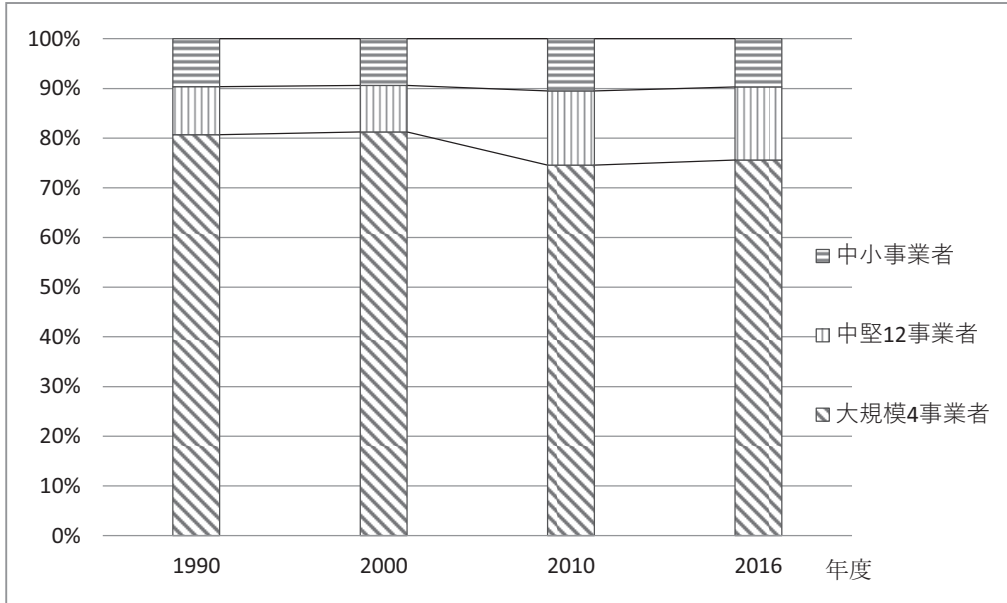


図2. 事業者規模別の都市ガス製造量構成比の推移

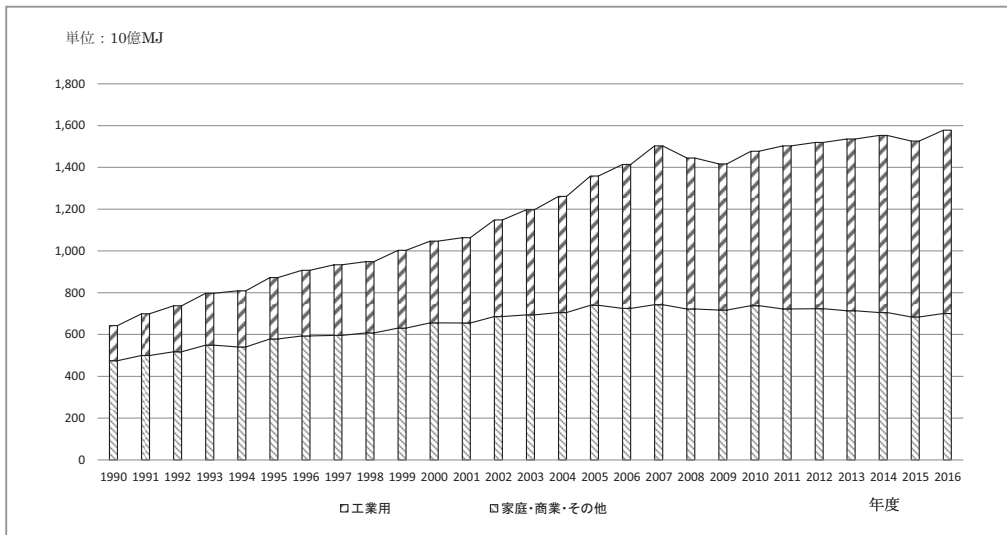


図3. 用途別都市ガス販売量の推移 (1990-2016)

Ⅲ. 推定方法とデータ

『ガス事業（統計）年報』に記載の製造と供給の2部門について、それぞれ費用関数を固定効果モデルで推定する。推定式は、次の式(1)と式(2)である。ただし、1章でのべたような費用のシェア方程式を用いない。その理由は、①SUR推定では推定結果の精度が低下する、②事業者が毎年正確な合理的資源配分を行うという仮定が実際的ではない、③『ガス事

表 1. 日本の LNG1 次・2 次基地をもつ都市ガス事業者と稼働年度

No.	所有者	場 所	稼働開始年度
1	東京ガス	東京都 / 千葉県 / 神奈川県	1969 年～
2	大阪ガス	大阪府 / 兵庫県	1971 年～
3	東邦ガス	愛知県 / 三重県	1983 年～
4	大分ガス*1	大分県	1990 年～
5	西部ガス	福岡県 / 長崎県	1993 年～
6	静岡ガス	静岡県	1996 年～
7	広島ガス	広島県	1996 年～
8	日本ガス	鹿児島県	1996 年～
9	岡山ガス	岡山県	2003 年～
10	四国ガス	香川県 / 愛媛県	2003 年～
11	北海道ガス	北海道	2012 年～
12	東部ガス	秋田県	2015 年～

*1 大分 LNG 基地は、九州電力 98%、大分ガス 2% の出資比率であるが、ここに含めた。

出典：経済産業省 第 11 回 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 ガスシステム改革小委員会『資料 3 卸取引の選択肢拡大に向けた環境整備について』の pp.3-4 【図表 4-3】国内 LNG 基地と基地利用要領の策定状況より作成。

業（統計）年報』のデータに詳細なデータはなく、シェア方程式が作成できない、④シェア方程式を作るために必要なデータを取得できる中小事業者のデータは極めて限定的であり、そのため推定方法も OLS 推定にとどまり、その推定値が中小事業者全体を表現しているか疑わしい、などである。

(1) 製造部の費用関数の推定式

$$\begin{aligned}
 \ln SCT_i = & a_0 + a_1 (\ln y_i) + a_2 (pk_i) + \frac{1}{2} a_3 (\ln y_i)^2 + \frac{1}{2} a_4 (pk)^2 + a_5 (\ln LA_i) + a_6 (\ln HL_i) \\
 & + a_7 (\ln y_i) (\ln LA_i) + a_8 (\ln y_i) (\ln HL_i) + a_9 (\ln pk_i) (\ln LA_i) + a_{10} (\ln pk_i) (\ln HL_i) \\
 & + a_{11} (\ln R_i) + a_{12} (AE_i) + a_{13} (hk_i) + \mu_i \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

(2) 供給部の費用関数の推定式

$$\begin{aligned}
 \ln TC_i = & a_0 + a_1 (\ln QH_i) + a_2 (\ln QI_i) + a_3 (\ln P_i) + \frac{1}{2} a_4 (\ln QH_i)^2 + \frac{1}{2} a_5 (\ln QI_i)^2 + \frac{1}{2} a_6 (\ln P_i)^2 \\
 & + a_7 (\ln DD_i) + a_8 (\ln HL_i) + a_9 (\ln QH_i) (\ln QI_i) + a_{10} (\ln QH_i) (\ln P_i) + a_{11} (\ln QH_i) (\ln DD_i) \\
 & + a_{12} (\ln QH_i) (\ln HL_i) + a_{13} (\ln QI_i) (\ln P_i) + a_{14} (\ln QI_i) (\ln DD_i) + a_{15} (\ln QI_i) (\ln HL_i) \\
 & + a_{16} (\ln P_i) (\ln DD_i) + a_{17} (\ln P_i) (\ln HL_i) + a_{18} (AE_i) + a_{19} (hk_i) + \theta_i \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

変数の説明は表2のとおりである。

『ガス事業（統計）年報』は、全国のガス事業者を網羅している反面、データは包括的項目に集計されているため、詳細なデータは入手困難である。いくつかの変数は代理変数を用いざるをえない。まず、支払利息⁵⁾の記載がないため、長期プライムレート（年度加重平均値）×有形固定資産を支払利息とし、資本価格にも用いた。労働価格は給与の記載がなく、供給販売費か一般管理費のいずれかに記載されているか、双方の合計額記載のみという事業者も見られたので、表2の値で代用する。

減価償却率は、前年度の減価償却率を用いた。ただし、1990年度の減価償却率のみ前年度のデータを入手できず、同年度の数値を利用する。労働価格と資本価格は、データ数が少ないグループが2つ存在するので、自由度確保のため相対価格比を用いる。ただし、式(1)では製造費用に労働資本価格比を用いると、一般管理費の給与が含まれ、推定される係数・定数項が過大になるので資本価格を用いる。

製造の費用関数の被説明変数は、売上原価とする。営業外費用×（製造設備資産残高 / 有形固定資産残高）などを加える方がより良い形であるが、製造設備資産残高の記載がないので割愛する。総費用は、財務データの減価償却費を除き、上記の支払利息と減価償却費を加えた総額とし、最後に2011年を100とする年度GDPデフレーターでデフレートした。他の金額表示も同様にデフレートしている。

ダミー変数として、ガス事業者以外からの購入の有無を表す定数ダミー、製造量・生産量の割りに総費用が高いガス事業者に定数ダミーの2つを用いた。

ガス製造量と供給量の単位が1999年にKcal（キロカロリー）からMJ（メガジュール）に変更されたので、1990～1998年のガス製造量と供給量もMJに統一する。

グループの分類基準はLNG基地の有無と経営規模である。前者は表1に従って時系列的に分類される。例えば、西部ガスは1990～1992年度まではLNG基地は「なし」、1993年度

表2. 変数の説明

変数	単位	概要
総費用 (TC)	千円	売上原価(SCT) + 供給販売費 + 一般管理費 + 営業雑費用 + 附帯事業費用 + 支払利息 + 減価償却費
労働価格 (pl)	千円	(供給販売費 + 一般管理費) / 労働投入量
資本価格 (pk)	千円	(支払利息 / 固定負債) + 減価償却率
労働資本価格比 (P)		労働価格 / 資本価格
減価償却率	千円	前年度の減価償却費 / 前年度の有形固定資産
負債比率 (LA)		期末負債残高 / 期末資産残高
LNG利用率 (R)		(生産量 + 購入量) に占める LNG 量の比率
需要密度 (DD)		メーター調停数 / 導管延長 (m)
月間販売量変動比 (HL)		年度内最大販売量 / 同最小販売量
ガス事業者以外からガス原料購入ダミー(AE)		該当 = 1, 非該当 = 0
高費用事業者ダミー (hk)		該当 = 1, 非該当 = 0

表 3. ガス事業者区分表

グループ区分	経営規模	大規模	中堅	中小
LNG 基地	あり	1	1	1
	なし	2	2	3

以降は「あり」となる。これにより LNG 基地導入の効果を観察できる。

次に、経営規模は、大規模事業者、中堅事業者、中小事業者に分ける。中堅事業者と中小事業者の分類が恣意的にならないように、『ガス事業（統計）年報』の「項目別上位一般ガス事業者一覧」でガス売上高、需要家数、ガス販売量、導管延長数の4項目すべてに継続的に記載される12ガス事業者⁶⁾を中堅事業者、残りを中小事業者とする（以上、表3）。

IV. 推定結果

1. 製造の部

3グループの記述統計量と推定結果を表4、表5に示す。表4の右端に、中堅事業者グループ2を基準にその大小比較を%で示す。前述のように、私営ガス事業者は中小規模が大半であることをよく表している。

表5に式(1)の推定結果を示す。表5をみると、グループ1と2は、データ数が少ない割には、決定係数も大きく、有意な係数が多い。グループ1では、負債比率が有意でない。これは、データ数が少ないうえに、グループ内に大規模と中堅・中小事業者が混在しているため、分散・標準偏差が大きくなったことが原因と考えられる。また、グループ2と3では、事業拡大がすぐに負債増大をもたらす経営規模であり、経営不振を避ける行動をとることが原因と考えられる。

製造量に占める LNG の割合は、3グループとも有意である。しかし、グループ1は、係数が負値なので LNG 割合が高まると、製造費用が低下するのに対し、他の2グループは逆に係数が正値なので、製造費用が増大することを示す。この要因は、輸送と貯蔵に都合がよく高カロリーな LNG の製造量割合がグループ1では83.4%も占めること、他の2グループは LNG の製造割合が低く、他の原料使用や大手およびガス事業者以外からの購入によることが原因と考えられる。

月間販売量変動比の係数は、グループ1と3では負で有意、グループ2では正で有意である。この差の原因の1つとして、事業者の立地の気候が考えられる。グループ1は温暖地での LNG 基地建設が多く、LNG 製造費用削減効果との相乗効果も考えられる。グループ3も同様に、西日本、南日本の事業者も多く含まれる。逆に、グループ2は、グループ1と比べて東北、北陸の事業者が含まれる。

ガス事業者以外からの（ガス原料）購入ダミー⁷⁾は、グループ2と3で符号は異なるが有意である。特に、後者が負を示すのは卸価格支配力の点で注目すべきである。

表 4. 3 グループの記述統計量

グループ1：変数	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	比較
売上原価（千円）：SCT	235	104,000,000	178,000,000	1,452,886	1,080,000,000	881.4%
製造量（1,000MJ）：y	235	121,000,000	179,000,000	1,434,972	705,000,000	1043.1%
資本価格：pk	235	0.1640128	0.0425014	0.076	0.358	80.9%
負債比率：LA	235	0.8106017	0.32379	0.422086	2.029905	104.7%
月間販売量変動比：HL	235	1.4814070	0.25004	1.05	2.89	86.3%
製造量に占める LNG 比：R	235	81.82443	25.92304	0	100	300.6%
ガス事業者以外からの購入ダミーAE	235	0.3021277	0.460	0	1	
高費用事業者ダミー：hk	235	0	0	0	0	
グループ2：変数	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	
売上原価（千円）：SCT	245	11,800,000	11,000,000	1,909,513	59,900,000	
製造量（1,000MJ）：y	245	11,600,000	10,600,000	2,127,581	41,100,000	
資本価格：pk	245	0.2026857	0.0725341	0.114	0.939	
負債比率：LA	245	0.774550	0.513943	0.2171889	4.1489	
月間販売量変動比：HL	245	1.716238	0.2745828	1.201844	2.637298	
製造量に占める LNG 比：R	245	27.21755	34.40798	0.00	99.37075	
ガス事業者以外からの購入ダミーAE	245	0.1387755	0.3464198	0	1	
高費用事業者ダミー：hk	245	0.0040816	0.0638877	0	1	
グループ3：変数	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	
売上原価（千円）：SCT	4,261	776,940.3	1,341,033	2,473	12,700,000	6.6%
製造量（1,000MJ）：y	4,261	683,626.6	1,122,551	202	8,050,579	5.9%
資本価格：pk	4,261	0.1840671	0.0881169	0.007	1.504	90.8%
負債比率：LA	4,261	0.8278633	1.028518	0.0402681	23.2017	106.9%
月間販売量変動比：HL	4,261	1.902523	1.265425	0.1691743	60.21429	110.9%
製造量に占める LNG 比：R	4,261	30.85869	44.65617	0	100	113.4%
ガス事業者以外からの購入ダミーAE	4,261	0.0168974	0.1289024	0	1	
高費用事業者ダミー：hk	4,261	0.0164281	0.1271298	0	1	

表 5. 製造費用関数の推定結果

グループ	グループ1		グループ2		グループ3	
変数	係数・定数項	標準誤差	係数・定数項	標準誤差	係数・定数項	標準誤差
lny	1.156283***	0.1453857	1.792812**	0.7672341	0.4967184***	0.0400871
lnpk	-1.583671***	0.5725868	0.280001	0.4097618	-0.2038386***	0.0374804
0.5lnysq	-0.0208099**	0.0083823	-0.0244455	0.046067	0.0301634***	0.0030759
0.5lnpksq	-0.8323895***	0.2646429	-0.1110374	0.1832181	-0.0848713***	0.0168911
lnLA	0.2811264	0.5180076	2.217806***	0.6696805	0.0967128**	0.0487099
lnHL	-4.71169***	1.562661	14.2651***	2.027264	-0.1910634*	0.1123091
lnylnLA	-0.0086526	0.0194884	-0.1545362***	0.0437211	-0.006967**	0.0033985
lnylnHL	0.2778511***	0.0637528	-0.9547799***	0.1294603	0.0235085***	0.0085841
lnpklnLA	0.0586704	0.2348446	-0.2621613**	0.1106228	-0.0210605*	0.0120314
lnpklnHL	0.0620322	0.3983646	-0.8417126**	0.3380509	0.0465582**	0.0213945
lnR	-0.0496957***	0.016197	0.035166***	0.007912	0.0272362***	0.0020974
AE	0.0247582	0.0276849	0.0880108**	0.0446078	-0.0485898*	0.0279984
hk	—	—	0.2079726***	0.0353647	0.173344***	0.0470946
Cons	-0.8439469	1.407473	-9.208514	6.30788	3.847702***	0.2672832
Obs. R-squared	235 0.9592		245 0.9574		4,261 0.9515	

注) ***1%水準で有意, **5%水準で有意, *10%水準で有意を表す。以下同じ。

表 6. 係数・定数項の z 検定の結果

z 検定表	G1vs.G2	臨界値 = 1.96	G1vs.G3	臨界値 = 1.96	G2vs.G3	臨界値 = 1.96
変数	Z 統計量	判定	Z 統計量	判定	Z 統計量	判定
lny	-0.830	棄却せず	16.453	棄却	1.689	棄却せず
lnpk	-4.548	棄却	-36.815	棄却	1.181	棄却せず
0.5lnysq	0.079	棄却せず	-16.572	棄却	-1.185	棄却せず
0.5lnpksq	-3.937	棄却	-44.255	棄却	-0.143	棄却せず
lnLA	-2.892	棄却	3.786	棄却	3.167	棄却
lnHL	-9.361	棄却	-40.252	棄却	7.131	棄却
lnylnLA	3.337	棄却	-0.496	棄却せず	-3.375	棄却
lnylnHL	9.521	棄却	29.630	棄却	-7.557	棄却
lnpklnLA	2.900	棄却	6.627	棄却	-2.179	棄却
lnpklnHL	2.673	棄却	0.723	棄却	-2.628	棄却
lnR	-10.726	棄却	-36.680	棄却	1.002	棄却せず
AE	-1.418	棄却せず	2.620	棄却	3.062	棄却
hk					0.979	棄却せず
Cons	1.326	棄却せず	-17.553	棄却	-2.070	棄却

注) G1, G2, G3 はそれぞれグループ 1, 2, 3 を表す。

定数項は 2 つのグループで有意ではないが、グループ 2 の製造費用は他の 2 グループに比べて相対的に高い。これは、製造量以外の要因を一定と仮定して、3 グループの製造費用関数（実線）をグラフにした図 4 で確認できる。

図 4 をみると、3 つの製造費用関数は、生産規模に応じて分布しているが、製造費用は、グループ 1 の生産規模 20% での製造費用よりも、グループ 2 の生産規模 200% での製造費用が高い。通常、生産規模 20% は効率が悪く製造費用が高いと予想されるが、グループ 1 では効率的な製造がなされている。すなわち、LNG 効果の 1 つとして、製造費用の効率化があげられる。これは「IGF21 計画」で目指した経済的メリットを実現していることに他ならない。

次に、推定された係数・定数項の z 検定を行う。帰無仮説と対立仮説は次のとおり。

H_0 : 2 つの推定された係数・定数項に差がない。

H_1 : 2 つの推定された係数・定数項に差がある。

グループ 2 の標準偏差で測った結果を表 6 に示す。グループ 1 と 2 では帰無仮説を棄却しない係数・定数項が 4 個ある。グループ 1 の標準誤差で測った場合、2 個に減少する。したがって、両グループの製造費用関数は異なる。

グループ 2 とグループ 3 では 6 個の係数が棄却せずの結果を得るが、グループ 3 の標準偏

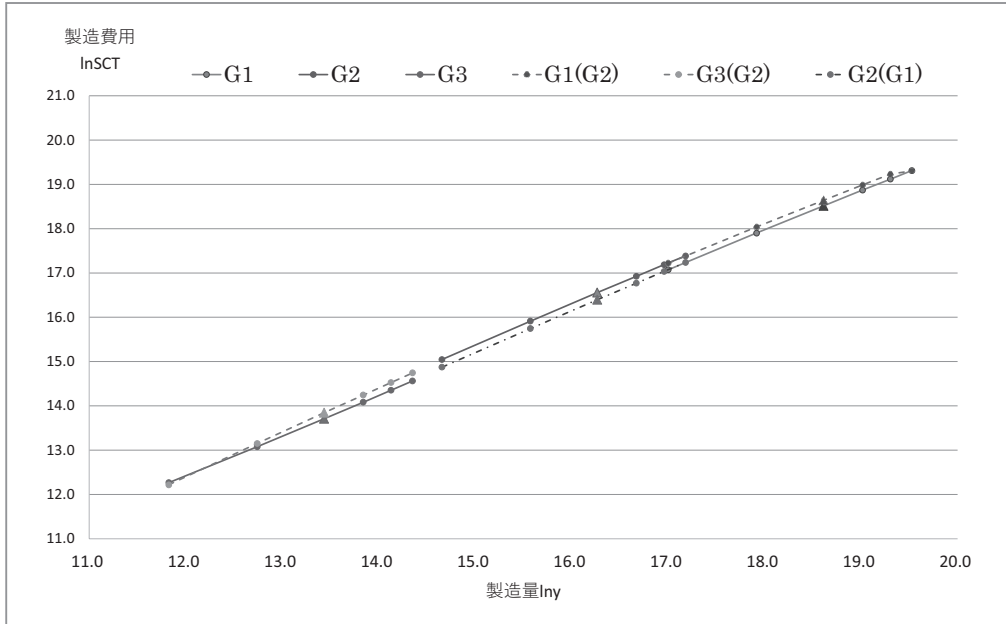


図 4. 製造費用関数と G2 からみた G1 と G3 の製造費用関数

注) G1 (G2) とは、グループ 2 の推定結果にグループ 1 の記述統計量を用いることを示す。G3 (G2)、G2 (G1) も同様の意味である。△印は平均値 (生産規模 100%) を示す。以下同じ。

差で測ると、標準偏差が非常に小さく、11 個の係数・定数項は有意に異なるので、両グループの製造費用関数も異なる。

グループ 1 とグループ 3 では、後者の標準偏差で測れば 13 個中 12 個、前者の標準偏差で測っても 9 個の係数・定数項について棄却されるので、やはり双方の製造費用関数は異なる。以上のことから、LNG 基地導入でそれぞれの製造費用関数は有意に変化したことがうかがえる。

ここで、グループ 2 の推定結果に、グループ 1 とグループ 3 の記述統計量を利用して、どのような結果を得るかグラフで確認する。グループ 2 からみて、グループ 1 とグループ 3 の製造量は 20% 未満、1000% 超と当てはまりの信頼度は極めて低くなるため、仮想製造費用関数として破線で表示する。

グループ 1 の場合、曲線 G1 よりも高い製造費用が示されている。グループ 1 の生産規模 20% とグループ 2 の生産規模 200% は製造量の値が近いので、比較可能と考えられる。グループ 1 は生産規模が小さい領域でも安い製造費用であることは前述のとおりである。仮想製造費用関数がグループ 1 の推定製造費用関数よりも上に位置するので、グループ 1 にみる LNG 導入効果の製造費用効率化を裏付けている。

グループ 3 の場合も、仮想製造費用関数は割高に表示されている。これは、生産規模が小さい領域であるため 2 次項他の負の係数の影響が少ないこと、またグループ 2 の製造量・負債比率・月間販売量変動率の係数がグループ 3 と比べて非常に大きいことが要因であると考

えられる。したがって、双方の製造費用関数が異なるという、 z 検定の結果も支持される。

さらに、グループ1の推定結果に、グループ2の記述統計量を用いて得る製造費用関数は、図4の中央下に位置する一点鎖線で描かれる。これも、上述のLNG効果を裏付けるものである。

最後に、製造段階においては、LNG基地を有するグループ1は、製造費用が比較的安価であるため、この段階では、大幅なマージンを上乗せできる余地が十分あると予想される。すなわち、卸価格支配力を有する可能性が予想される。

これに対し、中堅事業者グループ2は、地域独占的であるとはいえ、やや高い製造費用からグループ1のような大幅なマージンを上乗せできるかは、この段階ではまだ不明である。

2. 供給の部

製造段階ではLNG効果を確認できた。供給段階でもLNG効果が確認できるか観察する。3グループの記述統計量と推定結果を表7、表8に示す。表7の右端にグループ2を基準に

表7. 3グループの記述統計量

グループ1：変数	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	比較
総費用（千円）：TC	235	259,000,000	382,000,000	5,702,715	1,940,000,000	884.0%
販売量（1,000MJ）：Q	235	107,400,000	158,000,000	34,074	596,000,000	994.4%
家庭用商業用その他（1,000MJ）：QH	235	56,700,000	85,300,000	34,074	289,000,000	815.4%
工業用（1,002MJ）：QI	235	50,700,000	75,800,000	0	323,000,000	1328.5%
労働費用 / 資本費用：P	235	12.05919	0.4004187	11.055	12.912	103.5%
需要密度：DD	235	0.0964303	0.0333587	0.0483417	0.1734727	114.5%
月間販売量変変動比：HL	235	1.481702	0.2500882	1.05	2.89	86.2%
ガス事業者以外からの購入ダミー：AE	235	0.3021277	0.4601604	0	1	
高費用事業者ダミー：hk	235	—	—	—	—	
グループ2：変数	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	
総費用（千円）：TC	245	29,300,000	18,200,000	8,249,894	91,500,000	
販売量（1,000MJ）：Q	245	10,800,000	8,127,721	71,844	36,800,000	
家庭用商業用その他（1,000MJ）：QH	245	6,953,428	5,051,925	71,737	20,400,000	
工業用（1,002MJ）：QI	245	3,816,244	5,915,146	0	32,900,000	
労働費用 / 資本費用：P	245	11.65116	0.4357822	10.271	12.444	
需要密度：DD	245	0.0841820	0.0239756	0.0513281	0.130685	
月間販売量変変動比：HL	245	1.7185350	0.2723296	1.201844	2.637298	
ガス事業者以外からの購入ダミー：AE	245	0.1387755	0.3464198	0	1	
高費用事業者ダミー：hk	245	0.0040816	0.0638877	0	1	
グループ3：変数	観測数	平均値	標準偏差	最小値	最大値	
総費用（千円）：TC	4,261	4,866,986	43,300,000	34,440	1,220,000,000	16.6%
販売量（1,000MJ）：Q	4,261	688,068.1	1,310,903	510	29,100,000	6.4%
家庭用商業用その他（1,000MJ）：QH	4,261	424,612.8	723,632.8	509.7735	19,700,000	6.1%
工業用（1,002MJ）：QI	4,261	263,455.3	777,768	0	18,000,000	6.9%
労働費用 / 資本費用：P	4,261	11.31042	0.6472073	8.199	14.634	97.1%
需要密度：DD	4,261	0.0668618	0.0388632	0.0013867	0.4669589	79.4%
月間販売量変変動比：HL	4,261	1.902523	1.265425	0.1691743	60.21429	110.7%
ガス事業者以外からの購入ダミー：AE	4,261	0.0168974	0.1289024	0	1	
高費用事業者ダミー：hk	4,261	0.0166628	0.1280194	0	1	

表 8. 費用関数の推定結果

変数	グループ 1		グループ 2		グループ 3	
	係数および定数項	標準偏差	係数および定数項	標準偏差	係数および定数項	標準偏差
lnQH	8.520617***	2.986656	8.939919***	2.948213	4.039784***	0.3757527
lnQI	-4.204293**	1.666165	-0.0696453	1.060607	-0.3614954***	0.0850391
lnP	59.43092	73.48821	-89.51876	56.65311	-35.57087***	6.946823
0.5lnQHsq	0.1231225	0.097621	0.297111***	0.0499305	0.06215***	0.0125915
0.5lnQIsq	0.0064716	0.0149889	0.0306991***	0.0055813	0.0163704***	0.0010037
0.5lnPsq	7.891053	29.1804	66.69264***	22.93935	21.37709***	3.150749
lnQHlnQI	0.0221204	0.0392969	-0.0487329***	0.0168858	-0.0321803***	0.0024077
lnQHlnP	-4.244849***	0.9867636	-4.552697***	1.019986	-1.454976***	0.1499581
lnQIlnP	1.326721**	0.5476135	0.0565076	0.3738247	0.2612892***	0.0349853
lnDD	-23.69677***	7.016159	-10.10116*	5.718613	0.5354113	0.8094429
lnHL	21.59517*	12.84894	-15.9676**	7.822252	-1.596179	1.157438
lnQHlnDD	-0.1387815	0.1308944	0.3746309***	0.1049127	0.0709887***	0.022407
lnQHlnHL	0.4995503***	0.1325447	-0.1552967	0.108418	-0.2397453***	0.0242616
lnQIlnDD	-0.262953***	0.0727991	-0.1844355***	0.054472	-0.0066097	0.0058896
lnQIlnHL	-0.313873**	0.1266045	-0.3256607***	0.0715942	0.016942**	0.0070057
lnPlnDD	12.17724***	2.911921	2.874537	2.456671	-0.5344154*	0.3223061
lnPlnHL	-10.29327**	5.106704	9.186854***	3.137243	1.667099***	0.502266
AE	0.182723***	0.0530297	0.1424213***	0.0513107	-0.09297	0.059207
hk	0.1902407*	0.1100821	0.0134994	0.0473964	3.680044***	0.084924
Cons	-129.0391	96.53241	41.82577	74.57598	27.12335***	8.347425
obs.	235		245		4,261	
R-squared	0.958		0.8759		0.8452	

その大小比較を%で示す。前節同様に、私営ガス事業者は中小規模が大半であることをよく表している。

表 8 に式(2)の推定結果を示す。表 8 をみると、グループ 1 と 2 は、データ数が少ない割には、13 個の有意な係数を得ているが、二乗項と交差項の有意性に相違がある。グループ 3 は、属性変数 2 個とその交差項 1 個、ガス事業者以外からの購入ダミーが有意ではない。これは、3 つの変数の分散が大きいからである。すなわち、需要密度では、地方の中小事業者は大規模事業者と比べてメーター調停数が少なく、その割には導管延長が長い⁸⁾。月間販売量変動比⁹⁾では、新規参入事業者の販売開始時の販売量と事業安定時の販売量の差が大きい傾向である。また、ガス事業者以外からの購入する事業者数が他の 2 グループに比べて非常に少ない。これは、大規模・中堅事業者からのガス購入が多いため、その影響を受けやすいことを示している。

次に、推定された係数・定数項の z 検定を行う。帰無仮説と対立仮説は前章と同じである。グループ 2 の標準偏差で測った z 検定の結果を表 9 に示す。

グループ 1 と 2 の比較では帰無仮説を棄却しない係数が 5 個ある。これは前者の生産規模 20~30%水準周辺と、後者の 200~250%が重なることに起因すると考えられる。グループ 1 の標準偏差で測った場合、標準偏差が大きいので、棄却しない係数は 11 個に増える。しか

表 9. 係数・定数項の z 検定の結果

z 検定表	G1vs.G2	臨界値 = 1.96	G1vs.G3	臨界値 = 1.96	G2vs.G3	臨界値 = 1.96
変数	Z 統計量	判定	Z 統計量	判定	Z 統計量	判定
lnQH	-0.142	棄却せず	11.925	棄却	1.662	棄却せず
lnQI	-3.898	棄却	-45.189	棄却	0.275	棄却せず
lnP	2.629	棄却	13.676	棄却	-0.952	棄却せず
0.5lnQHsq	-3.485	棄却	4.842	棄却	4.706	棄却
0.5lnQIsq	-4.341	棄却	-9.862	棄却	2.567	棄却
0.5lnPsq	-2.563	棄却	-4.280	棄却	1.975	棄却
lnQHlnQI	4.196	棄却	22.553	棄却	-0.980	棄却せず
lnQHlnP	0.302	棄却せず	-18.604	棄却	-3.037	棄却
lnQIlnP	3.398	棄却	30.454	棄却	-0.548	棄却せず
lndd	-2.377	棄却	-29.937	棄却	-1.860	棄却せず
lnHL	4.802	棄却	20.037	棄却	-1.837	棄却せず
lnQHlndd	-4.894	棄却	-9.362	棄却	2.894	棄却
lnQHlnHL	6.040	棄却	30.472	棄却	0.779	棄却せず
lnQIlndd	-1.441	棄却せず	-43.525	棄却	-3.265	棄却
lnQIlnHL	0.165	棄却せず	-47.221	棄却	-4.785	棄却
lnPlndd	3.787	棄却	39.440	棄却	1.388	棄却せず
lnPlnHL	-6.209	棄却	-23.813	棄却	2.397	棄却
AE	0.785	棄却せず	4.656	棄却	4.588	棄却
hk	3.729	棄却	-41.093	棄却	-77.359	棄却
Cons	-2.291	棄却	-18.708	棄却	0.197	棄却せず

しながら、ほぼ半分近い係数で、帰無仮説を棄却するので、両グループの推定費用関数は有意に異なる。

グループ 2 とグループ 3 でも半分の係数・定数項が棄却せずの結果を得るが、グループ 3 の標準偏差で測ると、標準偏差が非常に小さいので、すべての係数は有意に異なるという結果を得る。したがって、グループ 2 とグループ 3 の費用関数も有意に異なる。

また、グループ 1 とグループ 3 では、前者の標準偏差で測ればすべて、後者の標準偏差で測れば、10 個の係数・定数項を棄却するので、やはり双方の費用関数は異なる。

したがって、LNG 基地導入でそれぞれの費用関数は有意に変化したといえる。

図 5 に費用関数（実線）を示す。3 つの費用関数は、生産規模に応じて分布しているが、グループ 1 と 2 の費用関数は、前者が高い位置にある。これは前者の人件費が高いことが要因として考えられる。グループ 3 の費用関数は生産規模が小さいにもかかわらず、他の 2 グループに比べてかなり割高な総費用を示している点が特徴的である。

続いて、グループ 2 の推定結果にグループ 1 とグループ 3 の記述統計量を利用して、どのような結果を得るかグラフで確認する。仮想費用関数は、前節と同じ理由から破線で表示する。グループ 1 の場合、費用関数 G1 よりも低い総費用が示される。この点も、グループ 1 の人件費が高いことが要因として考えられる。逆に、グループ 3 の場合、総費用は極端に低く表示されている。この点が製造費用関数とは異なる。この原因は、労働資本価格比、および同比と家庭用その他のガス販売量との交差項、同比と需要密度の交差項、家庭用その他の

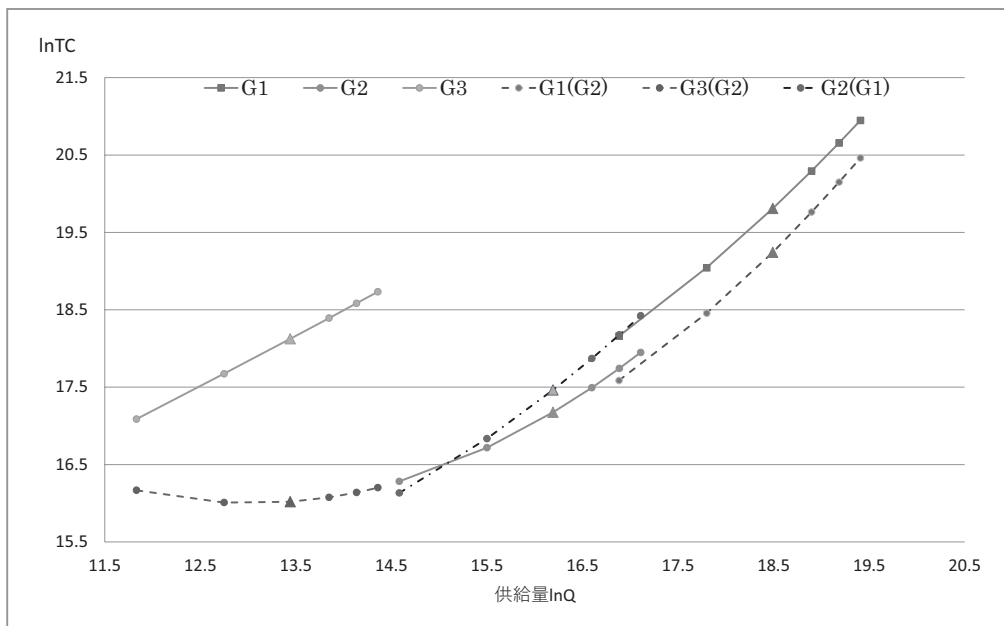


図5. 各費用関数とG2からみたG1とG3の各費用関数

ガス販売量と需要密度の交差項の推定結果4つで得る負値が大きいことに起因する。

さらに、製造費用関数との比較のため、グループ1の推定結果に、グループ2の記述統計量を用いる。得られる仮想費用関数（一点鎖線で表示）は、生産規模20%では推定費用関数よりも下に位置するが、図4と異なり、生産規模50%以上になるとやや上方に位置する。これは、LNG基地保有によるLNG効果が少ないことを示している。以上のことから、供給段階では、費用効率化というLNG効果は小さい。

続いて、グループ1と2の各総費用とグループ3の総費用を比較する。グループ3の生産規模20%と100%の各総費用は、前者がグループ2の生産規模100%の総費用と、後者がグループ1の生産規模20%のそれとほぼ等しい。このように中小事業者の総費用が相対的に高いのは、大規模事業者・中堅事業者が都市ガスの卸売市場において卸価格支配力が高いことを表している。グループ3のガス事業者以外からの購入ダミーは、有意ではないが、製造費用関数ともに負であることが裏付けとなる。

比較のため、図6に推定された製造費用関数と費用関数を同時に示す。製造費用関数は破線、費用関数は実線で示す。双方に差があるのは当然であるが、グループ3の費用関数が高く位置し、製造費用との差が他の2グループと比べて、非常に大きいことが顕著である。

なお、全体の結果に影響がないため紙幅の関係で割愛したが、北海道・東北6県、新潟・富山・石川・福井・長野の12道県で寒冷地・豪雪ダミーを用いると、製造費用関数では、グループ1で-0.23、グループ2で+0.09、グループ3で+0.04とそれぞれ1%水準で有意。費用関数では、グループ1と2は負であるが有意ではなく、グループ3のみ+0.10の1%有

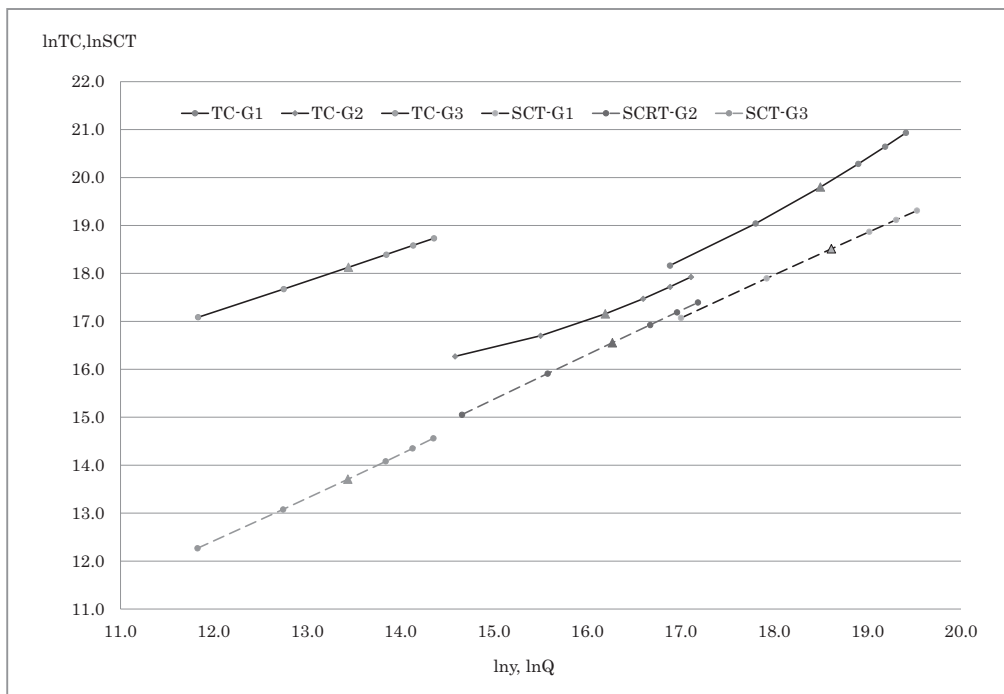


図 6. 製造費用関数と費用関数

意という結果を得る。これは、製造費用関数のグループ1では北海道ガス・東部ガスのLNG効果が大きいため負で有意と考えられるが、それ以外は、寒冷地・豪雪地域では温暖地に比べて、別途専用の器具装置や作業等が必要であることを示している¹⁰⁾。

3. 規模の経済性

規模の経済性 SCE の大きさは、次式で表される¹¹⁾。

$$SCE = 1 - \frac{\text{限界費用}}{\text{平均費用}}$$

これは、費用 C が $C=C(Y)$ で表されるとき、次の関係を応用して得られる。

$$\frac{\partial \ln(C)}{\partial \ln(Y)} = \frac{\partial C}{\partial Y} \times \frac{Y}{C} = \frac{\text{限界費用}}{\text{平均費用}}$$

推定結果を表 10 に示す。製造では、いずれのグループも SCE は小さく、グループ2と3は同じである。供給では、グループ1のQH（家庭用・商業用・その他）でわずかに規模の不経済性が示される。しかし、グループ2と3のQH、全グループのQI（工業用）で、規模の経済性が存在することを確認できる。特に、QI ではかなり高い規模の経済性をえる。

表 10. 製造と供給における規模の経済性

区分	製造	供給	
	製造量 y	家庭商業その他 QH	工業用 QI
グループ 1	0.120	-0.057	0.901
グループ 2	0.082	0.3087	0.951
グループ 3	0.082	0.4320	0.912

V. 結 語

本稿では、LNG 基地の有無と経営規模で、大規模、中堅、小規模の 3 グループに分類し、都市ガス私営事業者について、『ガス事業（統計）年報』の財務データ等を用い、同一の関数形で製造費用関数と費用関数を推定した結果、次の 3 つを得る。

第 1 に、3 グループとも統計的に有意に異なる製造費用関数および費用関数である。推定結果から大規模事業者と中堅事業者の中小事業者への卸価格支配力が強いことがうかがえる。第 2 に、LNG 導入の 1 つの効果として製造費用が効率的になる。しかし、供給段階では費用効率化は観察できない。第 3 に、大規模事業者の家庭・商業・その他への供給量を除き、3 つのグループで経済性の存在を確認できる。特に、工業用ガスについて規模の経済性が非常に大きい。

次に、2017 年 4 月 1 日のガス小売業参入全面自由化で、新規参入は大都市圏に集中している。したがって、政策的提言として、今後は地方の中小事業者への卸売価格の市場支配力緩和が必要である。そのためには、ガス導管網の整備・拡充をさらに促進することである。同政策は既に行われて、東京～新潟、新潟～仙台は整備されているが、東京～福岡等の整備が望まれる。

なお、本研究で、都市ガス供給部門のグループ 1 の工業用以外は規模の不経済性領域にあるので、大規模事業者による中小事業者の吸収合併は、疑問である。また、LNG 基地の第三者利用促進はガス導管網の整備と同様に導入済みであるが、2018 年 8 月時点で実績がほとんどない状況であり、中小事業者の利用インセンティブが働く制度設計が望まれる。

最後に、本研究の問題は、第 1 に、『ガス事業（統計）年報』で日本全国のガス事業者を網羅できる反面、人件費や運送地などの細かいデータを利用できないため、代理変数を用いるなど、傾向的事象しか把握できなかったことである。第 2 に、LNG の運送に関する説明変数を推定式に導入できなかったことである。LNG の国内運送は、タンクローリーとタンカーのいずれかである。LNG 基地と各ガス事業者との距離などを取り入れるなど、この点は、今後の研究課題としたい。

注

- 1) 1995年, 1999年, 2004年, 2007年の4回の自由化では, 大口供給制度の創設とその範囲拡大, 料金制度の新設と料金規制の緩和などが主たる内容である。
- 2) 1MJ (メガジュール) は, 46.05Kcal で換算。
- 3) 1990年に通商産業省資源エネルギー庁(当時)が提案した, 全国の都市ガスを2010年までに天然ガスを中心とした高カロリーガス(熱量が高いガス)に統一する計画。LNGによる高カロリーガス化のメリットには, 「ガス輸送能力の向上」と「ガス機器の共通化」がある。前者では, 製造・供給費用の低減を, 後者では, ガス事業者のガス機器共通化によるコストダウンを図る。この他, CO₂削減効果(CO₂排出が少ない天然ガスへの転換, 製造時の電力削減, 需要等に合わせた機械の最適運転), 需要家のガス機器選択幅拡大による利便性の拡大, 災害時のエネルギー源としての有効性がある。
- 4) 全国に33基地(電力会社8, ガス/電力共有6, その他7)ある。また, LNG輸入量上位2社は, 東京電力(29%)と中部電力(16%)で, 関西・東北・九州電力も加えたLNG輸入量は64%になる。
- 5) 営業外費用の項目に加算されているが, 『ガス事業(統計)年報』の1.営業に記載された費用の項目には含まれていないので, 資本費用の計算では関係しない。
- 6) 北海道, 東部, 武州, 京葉, 大多喜, 北陸, 中部, 静岡, 岡山, 広島, 山口合同, 四国の12事業者。ただし, 北海道, 東部, 静岡, 岡山, 広島, 四国の6事業者は, 表1のLNG基地稼働年度からグループ1に移動。
- 7) 電力会社, 国際石油開発帝石, 石油会社などもLNG基地を数多く有する。
- 8) 導管延長(m)を都市ガス普及率×区域内世帯数で割った値, すなわち, 都市ガス契約数当たりの導管延長の平均値でみると, グループ1は10.2(東京, 大阪, 西部は8.0以下, 最大値17.9), グループ2は12.3(北海道, 広島, 京葉は10.0未満, 最大値39.9), グループ3で15.9(最大値720.8)である。
- 9) 係数の符号が製造費用関数と比べて, グループ1と2で逆になっているのは, 気候以外の要因, 例えば, 需要家増大に伴う経費増などが考えられる。
- 10) 寒冷地・豪雪地帯に分類した12道県は, 総務省の都道府県番号の20(長野県)までに含まれる。また, 私営ガス事業者の59.9%(2016年度)は北海道, 東北, 関東甲信, 北陸地方に存在する。
- 11) 竹中(1994)p.103の脚注参照。

参考文献

- Alaififar, M.; Farsi, M.; Filippini, M. (2014) "Scale economies and optimal size in the Swiss gas distribution sector." *Energy Policy*, 65, pp.86-93.
- Caves, D. W.; Christensen, L. R.; Swanson, J. A. (1981) "Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in U. S. railroads, 1955-1974." *American Economic Review*, 71, pp.994-1002.
- Christensen L. H. and W. H. Greene (1976) "Economies of Scale in U. S. Electric Power Generation." *Journal of Political Economy*, 84(4), pp.655-676.
- Evans, D. S.; Heckman, J. J. (1988) "Natural monopoly and the bell system: Response to Charnes, Cooper and Suetoshi". *Management Science*, 34, 27-38.
- Fabbri, P, Fraquelli, G. Giandrone, R. (2000) "Costs, technology and ownership of gas distribution in Italy." *Managerial and Decision. Economics*. 21, pp. 71-81.
- Jeong-Joon Yu, Seon-Hoon Yoo and Chulwoo Baek (2019) "Economies of Scale in the South Korean Natural Gas Industry." *Energies*, 12(8), 1557.
- Kim, T. Y.; Lee, J. D. (1995) "Cost analysis of gas distribution industry with spatial variables." *J. Energy Dev.*, 20, pp.247-267.
- McGeehan, H. (1993) "Railway costs and productivity growth." *Journal of Transport Economics and Policy*, 27, pp.19-32.
- Renzetti, S. (1999) "Municipal water supply and sewage treatment: Costs, prices and distortions." *Canadian Journal of*

Economics, 32, pp. 688-704.

Zellner A. (1962), "An efficient method of estimating seemingly unrelated regressions and tests for aggregation bias."

Journal of the American Statistic Association, No.57, pp.348-368.

桑原鉄夫・依田高典 (2000) 「日本電力産業のパネルデータ分析—トランス・ログ費用関数と費用補正係数—」
『公益事業研究』, 52 (2), pp.71-82.

衣笠達夫 (1994) 「トランス・ログ型費用関数による航空輸送産業の費用構造の分析」『地域学研究』 25 (1),
pp.147-159.

資源エネルギー庁ガス市場整備課 『ガス事業 (統計) 年報』 平成元年度～平成 28 年度.

竹中康治・浦野浩 (1994) 「第 3 章 費用分析—規模の経済性を中心に—」『講座・公的規制と産業 2 都市
ガス』 pp.99-135.

手塚浩一郎・橋本悟 (2017) 「海運産業における規模の経済性の検証とその解釈 ～内航海運業を事例とし
て～」『日本交通学研究』 60, pp.71-78.

デジタルデータ

経済産業省 第 11 回 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 ガスシステム改革小委員会 『資料 3 卸
取引の選択肢拡大に向けた環境整備について』

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/kihon_seisaku/gas_system/pdf/011_03_00.pdf

(2020 年 05 月 22 日最終取得)

内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部 『支出側 GDP 系列簡易週及 平成 23 年基準』

https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/h23_retroactive/pdf/h23sokyu_jikei.pdf

(2020 年 05 月 22 日最終取得)

内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部 『国民経済計算 年度デフレーター』

https://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/sokuhou/files/2020/qe202_2/tables/def-fy2022.csv

(2019 年 05 月 22 日最終取得)

日本銀行 『長・短期プライムレート (主要行) の推移』

<https://www.boj.or.jp/statistics/dl/loan/prime/prime.htm/>

(2018 年 05 月 22 日最終取得)