人口減少都市・室蘭市における 水需給の関連分析 システムダイナミックスモデルによる分 析

ANALYSIS ON WATER DEMAND AND SUPPLY IN MURORAN CITY WITH POPULATION DECREASE Analysis through system dynamics models

青山 剛——*1 大坂谷吉行 —*2

Takeshi AOYAMA—*1 Yoshiyuki OSAKAYA ——*2

キーワード：
人口減少, 水需要, 水供給, システムダイナミックスモデル, 水需要予測

Keywords:
Population decrease, Water demand, Water supply, System dynamics
model, Prediction of water demand

Population of Muroran city has been decreased since 1967. This study firstly reproduced actual water supply and demand during 1960 to 2006. Water demand of life per day increased 7,733 cubic meters in 1960 into 18,217 in 2006. Water demand of life per capita increased 49 liters in 1960 into 186 liters in 2006. The study secondly estimated detail of water demand of life. Muroran has three water purification plants. The study thirdly makes effects of Chiribetsu stopping water supply in 2007 clear. The sufficient capacity of Chitose recovers the reduction of water supply by the pause of Chiribetsu.

1. 研究の背景、目的及び方法

一般に都市成長の制約条件は、土地と水であると考えられる。室蘭市の場合、土地については、北海道の市町村の中では行政区域面積が小さく、かつ、平地が少ない。このため、室蘭市内に土地を求めないで、近隣の登別市や伊達市に土地を求めた人もいた。他方、水については、室蘭市では1960年から現在(統計値のある2006年)までの46年間、一度も深刻な水不足が起きていない。

室蘭市の人口は1960年の157千人が、1967年に183千人とピークを迎え、その後は、1971年のドルショック、1973年の第一次石油危機、1979年の第二次石油危機の影響を受けて、基幹産業である鉄鋼業や造船業で大幅な人員合理化が進められたことから、大幅に減少した。1991年に新日鉄の最後に1基残った高炉の存続が決定して大幅な人口減少に歯止めがなかった。しかし、人口増加に転じたわけではない。1970年代や1980年代に比べると、人口減少傾向は鈍化しているが、1990年代は1,500人/年程度、2000年以降は1,000人/年程度の減少が続いている。2006年の人口は98千人であり、近年は人口減少、高齢化、少子化が同時進行している。

筆者らは、これまでに「1960年以降、人口増加が続いているが、一度も水不足を経験していない札幌市の水需給」の分析¹⁾や「1960年以降、人口増加が続いており、2度の大きな渇水を経験した福岡市の水需給」の分析²⁾を行った。既往研究レビューの結果、人口減少都市の水需給を分析した研究事例は見られなかった。しかし、三大都市圏を除いた地方圏では、札幌市や福岡市のように人口が増加している市は少なく、大半の地方中小都市は人口が減少している。

したがって、「生活水準の向上に伴う生活用水使用量の増加が、人口減少に伴う生活用水使用量の減少で、相殺されるのか、否か」を計量的に明らかにする必要がある。本研究の第一の目的は、システムダイナミックスモデル(以下、SDモデルという)を用いて、1960年～2006年の46年間(47時点)にわたる室蘭市の現実の水供給と水需要を再現して、「生活水準の向上に伴う生活用水使用量の増加」と「人口減少に伴う生活用水使用量の減少」の関係を計量的に明らかにすることである。

室蘭市の水道統計では、配水量に有収率を掛けた有収水量のデータが「生活用水使用量」と「事業所(業務営業用+その他)用水使用量」に分けて得られる。しかし、生活用水使用量の内訳は不明であり、生活水準の向上に伴う生活用水使用量増加のメカニズムを明らかにする必要がある。本研究の第二の目的は、SDモデルによる内部構造分析から人口減少都市・室蘭市における生活用水使用量の内訳とその経年(時系列)変化を明らかにすることである。

室蘭市は2006年度まで「チマイベツ浄水場」、「知利別浄水場」及び「千歳浄水場」の3箇所から配水してきた。しかし、2007年度から知利別浄水場を休止している。本研究の第三の目的は、2007年から2016年までの10年間の水需給の予測を行い、知利別浄水場の休止に伴って、存続する2つの浄水場の取水状況がどのように変化していくかを把握することである。

2. 水需給の再現(SDモデル1)

1960年～2006年の46年間(47時点)にわたる室蘭市の水需給

*1 室蘭市議会 議員・工修
(〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

*2 室蘭工業大学建設システム工学科 教授・工博

*1 Member, Muroran City Council, Mr. Eng.

*2 Prof., Dept. of Civil Engineering and Architecture, Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.

を再現するためにSDモデル1を作成した。図1にSDモデル1の構造を示す。使用ソフトは「STELLA Research Academic for Windows」(High Performances Systems, Inc.)である。

再現モデルの基本的な考え方を以下に示す。水需給は日々変動するのであるが、モデルでは各年度の水需給を日平均で代表させる。

1) 供給サイド

室蘭市の水道普及率は1962年に90.8%、1971年に98.2%、そして1978年には99.4%と99%を超えた。それ以降2006年に至るまで水供給の大部分は、水道による給水である。水道統計上、過去における簡易水道や企業水道からの譲渡分も供給実績に組み込まれているので、水道以外の水供給は、揚水(地下水の汲上)に限定される。

室蘭市は3箇所の浄水場を有している。各浄水場の最大取水可能量は各々の浄水場の水利権量である。しかし、水利権量は権利としての最大取水可能量であるから、水需要に応じて、各浄水場の取水量が取水率で調整される。

日取水量=チマイベツ取水量+知利別取水量+千歳取水量
取水から配水の過程(浄水過程)のロスを考慮する。

日配水量=日取水量×浄水効率

水道水として配水された水の全てから水道料金を徴収できない。

未徴収分の大半は漏水であるが、消防用水や公共用水も含まれる。また、千歳浄水場は登別市にあり、登別川から取水している事情から、「登別分水」と称して、登別市の一部にも給水している。

有収水量=日配水量×有収率

室蘭有収水量=有収水量-登別分水

1960年代は、水道が普及していない区域もあり、揚水を考慮する必要があるが、揚水統計は乏しいので、「水道の有無で水使用量に差がない」という仮定と補間法から日揚水量を推計している。

日揚水量=賦存量×揚水率

なお、賦存量は、日当たりの地下水汲上可能限界水量である。

日供給水量=室蘭有収水量+日揚水量

水道統計は生活用と事業所用に分けて使用実績が分かる。揚水量は両者の区分がないが、相対的に小さいことから、水道統計の実績に基づいて、日供給水量を生活と事業所に配分した。

日供給水量=日供給水量生活+日供給水量事業所

日供給水量生活=日供給水量×配分率

日供給水量事業所=日供給水量×(1-配分率)

2) 需要サイド

1人当たり水使用量(原単位A)と事業所当たり水使用量(原単

図1 SDモデル1

表1 日水使用量の統計とモデル1適用結果との比較

	単位		1960年	1970年	1980年	1990年	1995年	2000年	2006年
室蘭有収水量	m ³ /日	実績値	19,651	31,208	33,287	31,709	30,724	28,681	26,588
日揚水量	m ³ /日	実績値	5,058	1,128	402	246	144	126	42
日供給水量	m ³ /日	実績値	24,709	32,334	33,689	31,955	30,868	28,807	26,630
日供給水量生活	m ³ /日	実績値	7,882	12,513	20,314	20,356	20,157	19,445	18,242
日供給水量事業所	m ³ /日	実績値	16,827	19,821	13,374	11,600	10,711	9,392	8,389
日需要水量	m ³ /日	モデル値	24,664	32,232	33,580	31,947	30,865	28,731	26,571
生活用水使用量	m ³ /日	モデル値	7,840	12,414	20,211	20,349	20,156	19,370	18,187
事業所用水使用量	m ³ /日	モデル値	16,823	19,818	13,369	11,597	10,709	9,361	8,384
人口	人	実績値	156,809	177,344	156,675	118,310	109,542	103,581	97,778
1人当たり水使用量	ℓ/日	実績値	49.3	70.5	129.2	171.2	184.0	187.3	186.3
事業所当たり水使用量	ℓ/日	実績値	4,500	3,120	1,770	1,710	1,660	1,560	1,600

位 B) は、各年度の生活用と事業所用の有収水量（統計値）の実績を参考にして、これに揚水分を加え、テーブル関数で与えている。

各年度の人口のデータはあるが、事業所統計調査は時期によって3年毎、5年毎、2年毎に実施されており、データの無い年度の事業所数はデータのある年度の数値を補間法で与えている。

生活用水使用量＝原単位 A×人口×節水率 1

事業所用水使用量＝原単位 B×事業所数×節水率 2

日需要水量＝生活用水使用量＋事業所用水使用量

節水をしない場合は、節水率 1＝節水率 2＝1.0 である。

3) 水需給バランス

室蘭市では一度も水不足が生じていないことは、水供給が常に水需要を上回っていることを意味する。

日供給水量 > 日需要水量

日供給水量生活 > 生活用水使用量

日供給水量事業所 > 事業所用水使用量

4) 再現モデル（SDモデル1）の考察

表 1 から、生活用水使用量、事業所用水使用量ともに、供給水量との誤差が小さく、1960 年～2006 年の水需給を再現できている。

1960 年～2006 年の 47 時点て最大誤差率（供給実績に対するモデルによる需要）は、生活用水使用量（1973 年）の 0.40% である。

日需要水量は 1960 年の 24,664m³/日が、1975 年にピークの 39,114m³/日に達し、その後は減少していき、2006 年に 26,524m³/日となっている。これはピーク時の 67.8% に相当する。

生活用水使用量は、表 1 から 1 人当たり水使用量が、49.30/日（1960 年）、70.50/日（1970 年）、129.20/日（1980 年）、171.20/日（1990 年）と大幅に増加したので、1968 年以降の人口減少にもかかわらず、1960 年の 7,840m³/日が、1970 年に 12,414m³/日、1980 年に 20,211m³/日、1990 年に 20,349m³/日と増加している。その後、1 人当たり水使用量が 184.00/日（1995 年）、187.30/日（2000 年）、186.30/日（2006 年）と微増または横ばいになったため、人口減少の影響を受け、生活用水使用量は、20,156m³/日（1995 年）、19,370m³/日（2000 年）と微減しているが、2006 年に 18,187m³

/日であり、1960 年からの 47 年間で 2.32 倍に増加している。

なお、参考のために東京都の調査^{注1)}を示すと、東京都民の 1 人当たり生活用水使用量は、2500/日（1998 年）である。

一方、事業所用水使用量は、1972 年の 21,522m³/日まで増加していた。その後は、第一次石油危機（1973 年）や第二次石油危機（1979 年）の影響を受けて減少に転じ、1980 年に 13,369m³/日、1990 年に 11,597m³/日、2000 年に 9,361m³/日と減少した。2006 年の事業所用水使用量は 8,384m³/日であり、第一次石油危機直前の 1972 年値の 39.0% に相当する。

3. 生活水の内部構造分析（SDモデル2）

都市成長は、単に人口が増加するだけでなく、生活水準の向上を伴っている。生活水準の向上と水需要の関連を見るためには、生活用水使用量の内訳と経年変化を分析する必要がある。SDモデル2を作成し、生活用水使用量の内部構造分析を行った。図2にSDモデル2の構造を示す。

SDモデル2の供給サイドは、SDモデル1と同じである。需要サイドは、SDモデル1の生活用水使用量を生活用水1（炊事、洗面、その他）、生活用水2（洗濯機用水）、生活用水3（浴室付き住宅の浴室用水）、生活用水4（水洗便所の使用水）、生活用水5（自家用車の洗車用水）に分けた。生活用水5^{注2)}を除いて、原単位が得られないため、1960 年～2006 年の 47 時点において、生活用水1、生活用水2、生活用水3、生活用水4及び生活用水5の合計（モデル値）が、生活用水使用量の統計値とできるだけ一致するようにシミュレーションを数十回繰り返して各年の生活用水1から生活用水4の原単位を smoothing の方法で求めた。なお、事業所用水使用量は、SDモデル1と同じである。

また、SDモデル2の最大誤差率は、1960 年～2006 年の 47 時点て、生活用水使用量（1965 年）の 1.56% であった。

表2は、生活用水1～生活用水5の各使用量と生活用水使用量（合計）を100%とした時の構成比を示している。ただし、47 時点全てを表示できないので、7 時点を表示している。

図2 SDモデル2

表2 モデル2による日生活用水使用量の内部構造分析結果(単位:m³/日)

	1960 年	1970 年	1980 年	1990 年	1995 年	2000 年	2006 年
合計(水道+揚水)・生活用・(供給)	7,882	12,513	20,314	20,356	20,157	19,445	18,242
合計(水道+揚水)・生活用・(需要)	7,733	12,504	20,240	20,249	19,977	19,402	18,217
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
生活用水1(炊事・洗面、その他)	6,586	7,590	9,385	7,252	6,485	5,842	5,045
	85.2%	60.7%	46.4%	35.8%	32.5%	30.1%	27.7%
生活用水2(洗濯機)	782	2,972	4,118	4,126	4,022	3,884	3,598
	10.1%	23.8%	20.3%	20.4%	20.2%	20.0%	19.8%
生活用水3(浴室付き住宅の浴室用水)	358	1,535	3,600	4,600	4,825	4,755	4,458
	4.6%	12.3%	17.8%	22.7%	24.1%	24.5%	24.5%
生活用水4(水洗便所付き住宅)	0	327	2,505	3,558	3,824	4,075	4,315
	0%	2.6%	12.4%	17.6%	19.1%	21.0%	23.7%
生活用水5(自家用車の洗車用水)	7	78	632	713	820	846	800
	0.1%	0.6%	3.1%	3.5%	4.1%	4.4%	4.4%

※合計(水道+揚水)・生活用(供給)のみ実績値で、他はモデル値である。

図3 各種普及率の推移(単位: %)

図4 1人当たり日生活用水使用量の内部構造分析結果(単位:ℓ/日)

図3は、洗濯機保有率、浴室付き住宅普及率、水洗便所普及率及び自家用車保有率の1960年～2006年の推移を示している。また、図4は1人当たりの生活用水1、生活用水2、生活用水3、生活用水4及び生活用水5の使用量（1960年～2006年）を示している。

表2から、生活用水使用量のベースとなる生活用水1（炊事、洗面及びその他の用水）は、1960年に85.2%を占めていたが、2006年には27.7%と構成比が大幅に低下している。しかし、図4から、1人当たり生活用水1の使用量はそれほど減っていない。

次に図3から分かるように1960年代から1970年代前半に各家庭に洗濯機が急速に普及することによって、生活用水2（洗濯機用水）の使用量が大幅に増加している。その結果、表2から生活用水2の構成比は1960年の10.1%が1970年には23.8%と2倍以上に拡大している。しかし、1970年後半以降は、洗濯機保有率が95%を超えて頭打ちになった（図3）ことや人口減少の影響を受けて、生活用水2は減少しており、構成比も1980年に20.8%、1990年に20.4%、2000年に20.0%、2006年に19.8%と徐々に低下している。また、図4から1人当たり生活用水2の使用量も1990年以降、横ばいになっている。

次いで戸建住宅、集合住宅を問わず、各戸に浴室が普及することによって、生活用水3（浴室付き住宅の浴室用水）の使用量が増加していった。図3から1960年～1990年に浴室付き住宅普及率が上昇しており、これに伴って、表2から生活用水3の構成比は、1960年に4.6%、1970年に12.3%、1980年に17.8%、1990年に22.7%と拡大していった。しかし、図3から浴室付き住宅の普及率が1990年以降、頭打ちになったことから、構成比は1995年に24.1%、2000年に24.5%、2006年も24.5%と横ばいになっている。図4から1人当たり生活用水3の使用量も1995年以降、横ばいになっている。

室蘭市では、1964年から下水道が供用されていたが、整備区域が限定され、1970年の生活用水4（水洗便所の使用水）の構成比は2.6%に過ぎなかった。しかし、1970年代以降、下水道整備が急速に進み、図3から分かるように水洗便所普及率が上昇し、生活用水4の使用量が増加していった。生活用水4の構成比は、1980年に12.4%、1990年に17.6%と拡大し、その後も下水道整備が進んだ結果、2000年に21.0%、2006年には23.7%となった。また、図4から1人当たり生活用水4の使用量は、まだ増加しているが、下水道整備が完了すれば、頭打ちになっていくと考えられる。

1970年代入って、モータリゼーションが本格化することによって生活用水5（洗車用水）による水需要が顕在化していった。生活用水5の構成比は1960年に0.1%、1970年に0.6%であったが、図3に示したように1970年代に自家用車保有率が急速に上昇したので1980年に3.1%と拡大した。自家用車保有率は、その後も2000年まで上昇し、生活用水5の構成比も1990年に3.5%、1995年に4.1%、2000年に4.4%と拡大したが、2000年以降、自家用車保有率が頭打ちになり、2006年の構成比も4.4%である。洗車は1回当たりの水使用量が大きいですが、平均して月2回という頻度のため、日当たりに換算すると、予想よりも構成比が小さかった。

4. 知利別浄水場休止の影響と水需給の将来予測(SDモデル3)

室蘭市の人口が今後も減少すると予想される中、2007年度から知利別浄水場が休止となった。ここでは、総人口や事業所数の減少傾向が続く中、知利別浄水場休止の影響を2007年から2016年までの10年間の予測シミュレーションから検証する。このため、1960年から2006年までの47時点の再現モデル(SDモデル1)を1960年から2016年までの57時点に延長したSDモデル3を作成した。

表3 知利別浄水場休止の影響と水需給の将来予測(2007年～2016年)(水量の単位はm³/日)

年	人口	事業所数	チマイベツ浄水場		知利別浄水場		千歳浄水場		日供給 水量	日需要 水量
			取水量	取水率	取水量	取水率	取水量	取水率		
2000年	103,581	6,016	15,989	0.97	12,450	0.83	18,360	0.31	28,807	28,731
2001年	102,427	5,797	15,725	0.95	6,330	0.42	24,600	0.41	28,218	28,164
2002年	101,414	5,679	15,956	0.97	6,495	0.43	22,500	0.38	27,571	27,546
2003年	100,415	5,561	15,758	0.95	6,615	0.44	21,420	0.36	26,890	26,862
2004年	99,289	5,057	15,708	0.95	6,195	0.41	21,480	0.36	26,821	26,800
2005年	98,954	4,939	15,230	0.92	6,705	0.45	21,240	0.35	26,882	26,797
2006年	97,778	5,211	15,873	0.96	6,480	0.43	20,820	0.35	26,630	26,524
2007年	96,778	5,161	15,873	0.96	0	0	26,700	0.45	26,372	26,258
2008年	95,778	5,111	15,873	0.96	0	0	26,340	0.44	26,107	25,992
2009年	94,778	5,061	15,873	0.96	0	0	25,980	0.43	25,842	25,726
2010年	93,778	5,011	15,873	0.96	0	0	25,620	0.43	25,577	25,460
2011年	92,778	4,961	15,873	0.96	0	0	25,260	0.42	25,312	25,194
2012年	91,778	4,911	15,873	0.96	0	0	24,900	0.41	25,047	24,928
2013年	90,778	4,861	15,873	0.96	0	0	24,540	0.41	24,782	24,662
2014年	89,778	4,811	15,873	0.96	0	0	24,180	0.40	24,517	24,396
2015年	88,778	4,761	15,873	0.96	0	0	23,820	0.40	24,252	24,130
2016年	87,778	4,711	15,873	0.96	0	0	23,460	0.39	23,987	23,864

※2000年～2006年は再現値、2007年～2016年は予測値。

SDモデル3の供給サイドは、SDモデル1と同じであるが、知利別浄水場の2007年以後の取水率を0として、同浄水場の休止状態を表現した。

2007年から2016年までの人口は、1997年から2006年までの減少傾向を見て、2006年の人口から毎年1,000人ずつ減少すると仮定してテーブル関数で与えた。また、2007年から2016年までの事業所数は、1997年から2006年までの減少傾向を見て、2006年の事業所数から毎年50ずつ減少すると仮定してテーブル関数で与えた。

表1から1995年、2000年、2006年の1人当たり水使用量及び事業所当たり水使用量に大きな差が見られないことから、2007年～2016年の1人当たり水使用量及び事業所当たり水使用量として、2006年値を使うことが妥当であると判断した。

表4に2000年～2006年の再現値と2007年～2016年の予測値を示した。

2000年～2006年のチマイベツ浄水場の取水率は0.95前後で1.0に近いことから、知利別浄水場の休止に伴って、チマイベツ浄水場の取水率を上げることは困難である。このため、2007年以後のチマイベツ浄水場の取水率は2006年と同じに0.96に固定する。したがって、知利別浄水場休止に伴う水供給の不足分は、2000年～2006年の取水率が0.31～0.41と余裕がある千歳浄水場の取水率を上げて対応することが妥当と判断される。千歳浄水場の取水率を変えて、シミュレーションを繰り返して、日需要水量が日供給水量を2007年から2016年の10時点全てにおいて若干上回る（水不足が生じない）ように取水率を求めた。

表4から、2007年の知利別浄水場休止に伴って、千歳浄水場の取水率は、2006年の0.35を2007年の0.45に上げる必要がある。その後は、人口と事業所数が少しずつ減少していくので、千歳浄水場の取水率を緩やかに下げても、水不足が生じない。

将来予測の最終年（2016年）は、2006年に比べて、人口が10,000人、事業所数が500減少するが、2016年の日需要水量は23,864m³/日で、2006年の26,524m³/日の90.0%に減少する。

5. 水道事業区域再編の可能性

厳しい財政状況と人口減少の下、水道事業をより効率的に行うには、隣接市町村との広域連携の可能性を検討していく必要がある。そこでSDモデル3によるシミュレーション結果から、隣接する登別市全域の水道事業を担う可能性について検討する。

SDモデル3の供給サイドを見ると、日配水量に有収率を掛けた有収水量から「登別分水」を引いたものが「室蘭有収水量」である。室蘭市が管理する3箇所の浄水場のうち、「登別分水」は登別市内にある千歳浄水場から送水されている。SDモデル3によるシミュレーションから、知利別浄水場休止による不足分をカバーしても、2007年～2016年の千歳浄水場の取水率は、0.45～0.39である。2006年の「登別分水」は、5,183m³/日であり、登別市の人口（2006年現在で54,010人）の38.9%に当たる21,000人に給水している。登別市は他に2箇所の浄水場（登別温泉浄水場、幌別浄水場）を有している。これらの2箇所の浄水場の日最大取水量は7,400m³/日であり、千歳浄水場（日最大取水量60,000m³/日）の取水率0.12に相当する。また、登別市は1990年以降、これらの浄水場に対して大規模な更新投資を行っていないので、施設の老朽化が進んでいる。室蘭市

が管理・運営しているが、登別市内にある千歳浄水場を建設する際に両市で結ばれた協定では、日最大取水量60,000m³/日の内、登別市は20,000m³/日を「登別分水」に充てる権利を有している。そして2007年～2016年の千歳浄水場の取水率は0.45～0.39であり、十分な余裕があることを考えれば、千歳浄水場からの「登別分水」を増やして、登別市の残りの人口（人口の61.1%）に供給することは可能と考えられる。

6. まとめ

SDモデル1による室蘭市の水需給の再現から、1960年～2006年の47時点で水不足は生じなかった。これは、登別川で取水する千歳浄水場が1967年に供用開始になったことが大きいことが明らかになった。2006年の人口はピーク時（1967年）の0.53倍になったが、2006年の1人当たり生活用水使用量は1967年の3.37倍になっている。したがって、人口減少だけでは生活水準向上による水需要増加を相殺できない。近年は、1人当たり生活用水使用量は横ばい傾向にあり、人口減少は水需要の減少に反映されやすい。

SDモデル2による内部構造分析から1960年～2006年の47時点における生活用水使用量の内訳を推計し、その経年変化を考察することができた。

SDモデル3によるシミュレーションから、2007年の知利別浄水場休止による問題は生じないことが明らかになった。ただし、チマイベツ浄水場の取水率は余裕がないので、知利別浄水場休止による不足分は、千歳浄水場の取水率を上げて対応する必要がある。それでも千歳浄水場の取水率は0.5より小さいので、老朽化している登別市の他の2箇所の浄水場を休止して、登別分水で対応することも可能なことが分かった。

今後、地方中小都市では、さらに人口減少が進むと同時に、浄水施設の老朽化が進み、その対策を講じなくてはならない。その際、隣接市町村との広域連携を視野に入れて、水道事業の再編計画を策定していくことが必要と考える。

注釈

- 注1) 平成13年版『日本の水資源』（国土交通省）の6頁に「家庭での水の使われ方の変化」（東京都）として、平成2年度と平成10年度の調査結果が掲載されている。なお、内訳は、「洗面その他」、「洗濯」、「炊事」、「トイレ」及び「風呂」の5区分である。しかし、サンプル調査であり、また、2時点にすぎない。
- 注2) 洗車の原単位は室蘭市内のガソリンスタンドにおける調査結果を利用した。2001年の一年間に6,451台を洗車し、2,129m³を使用しており、洗車は1台当たり3300要することが分かった。一般家庭では平均して月に2回洗車している。

参考文献・参考資料

- 1) 大坂谷吉行、青山剛 システムダイナミックスモデルによる都市成長と水需給の関連分析～札幌市におけるケーススタディ～ 日本建築学会技術報告集第23号 pp.409～414 2006年6月
- 2) 大坂谷吉行、青山剛 二度の渇水を経験した福岡市の都市成長と水需給の関連分析～システムダイナミックスモデルによる分析～ 日本建築学会技術報告集第23号 pp.421～426 2006年6月
- 3) 室蘭市 『室蘭市統計書』各年度版 1961～2007（毎年度）
- 4) 室蘭市水道部 『水道統計』各年度版 1961～2007（毎年度）
- 5) 国土交通省土地・水資源局 平成13年版『日本の水資源～豊かな暮らしを育む水資源と水源地の展望～』 2001年

[2008年6月19日原稿受理 2008年8月13日採用決定]