

ラスベガスの水問題

大沼あゆみ研究会 9 期

学籍番号：20910997

佐藤美穂

要旨

ネバダ州に位置する世界最大の観光都市であるラスベガス。そのラスベガスに水を供給しているミード湖が 2021 年までに干上がる可能性があると言われてい
る。このままではラスベガスがゴーストタウンとなり、収入のほとんどをラスベ
ガスに頼っているネバダ州は財政破綻に陥ってしまう。

本論文では、ミード湖の干上がりを防ぐために、ラスベガスの水需要を減らす
対策として芝生の除去プログラムに着目する。そして芝生除去を推進するための
提案をしたいと考える。

*Things turn out best for the
people who make the best of
the way things turn out.*

-John Wooden

目次

ラスベガスについて

ラスベガスの歴史

ラスベガスの現状

ミード湖について

コロラド川の概要

フーバーダムの概要

ミード湖の概要

ミード湖の現状

ミード湖の水が減少した原因

問題点と政策

ラスベガスとネバダ州の GDP

現在行われている政策

屋外での水使用を減らしたい理由

Water Smart Landscape Rebate Program の概要

Water Smart Landscape Rebate Program の現状

Water Smart Landscape Rebate Program の推進

水道料金の仕組み

モデル分析

結論

参考文献

ラスベガスについて

ラスベガスはネバダ州南部のクラーク郡に位置する都市である。カジノや有名なホテルで知られ、現在は世界中からの観光客でにぎわう世界有数の大観光都市である。

そんなラスベガスは砂漠のど真ん中に位置する。年間降水量は 10.4cm ととても少ない。1年を通しての平均最高気温は 26.7℃、平均最低気温は 19.4℃、また夏の間の平均最高気温は 38.9℃である¹。乾燥していて暑い、典型的な砂漠気候である。そんな砂漠の真ん中になぜラスベガスのような大きな都市ができたのだろうか。

図 1

アメリカ地図



Turkey-Visit Turkey Travel Guide:USA map

<http://www.turkey-visit.com/usa-map.asp>

¹ Hidden Oasis: Water conservation and efficiency in Las Vegas. Heather Cooley, Taryn Hutchins-Cabibi, Michael Cohen, Peter H. Gleick, and Matthes Heberger (2007)

http://www.westernresourceadvocates.org/media/pdf/hidden_oasis_low_res.pdf

図 2

ネバダ州地図



U.S. Department of Commerce. United States Census Bureau: Nevada County selection map (2013)

http://quickfacts.census.gov/qfd/maps/nevada_map.html

ラスベガスの歴史

ラスベガスは1905年に出来上がり、1911年に都市として認められた。当時は、多くの人が一攫千金を狙い、ゴールドラッシュの起きているカリフォルニア州を目指していた。鉄道の開通により、ラスベガスはそのような東から西へ向かう人の休憩地点となり、人が定住するようになった。1911年当時の人口は800人と²、とても小さな町であった。1929の世界恐慌を受け、1931年にルーズベルト大統

² City of Las Vegas (2013)

<http://www.lasvegasnevada.gov/FactsStatistics/history.htm>

領がニューディール政策の一環としてラスベガス付近に大規模なボールダーダム（後にフーバーダムに改名）を建設することになってから、その労働者として膨大な数の人がラスベガスに住むようになった。肉体労働のためほとんどが男性で、彼らの余暇時間を埋めるためにカジノやショーガールのビジネスが盛んになった。また、ネバダ州は税収を確保するために1931年5月にはギャンブルを合法化し、カジノが一層盛んになるようになった。第二次世界大戦後からホテルの建設が始まり、1980年代末のホテルラッシュを得て多くの大型ホテルが立ち並ぶ町となった。

ラスベガスの現状

現在、ラスベガスは誰もが知る観光都市である。表1より、毎年観光客は増えており、それに伴いホテルの客室数も増加している。ラスベガスの主要産業は観光業、カジノ、コンベンションであり、表1からラスベガスのカジノ収入がクラーク郡のカジノ収入全体の大半を占めていることがわかる。ラスベガスを訪れる観光客の多くはこのカジノにお金を使いに来ている。そして、そのカジノ収入を狙い、また一つ一つ大型カジノホテルが出来上がっていくのである。

一つのホテルが出来上がるまでに建設のための労働者、出来上がってからもホテルの中で働く従業員が必要となる。よって、新しいホテルがどんどん立っているラスベガスでは、常に多くの雇用機会が生まれている。それを求め、多くの人に移住してくるのである。また、アメリカ全体の平均的な生活費を100としたところ、ラスベガスの生活費は94で³、都会にしては比較的安い生活水準で住みやすい。それに加え、個人所得税がないので、ギャンブル好きな人やこの場所の気候の良さに惹かれて定年した富裕層も移住してくることが多い。そのため、ラスベガスに移住する人口は年々増え、最新の情報で、ラスベガスの人口は2010年に583,756人、2011年の予測は589,317人となっている⁴。

³ Sperling's Bestplaces: Cost of living in Las Vegas, Nevada (2010)
http://www.bestplaces.net/cost_of_living/city/nevada/las_vegas

⁴ U.S. Department of commerce. United States Census Bureau: Las Vegas (city), Nevada. (2013)

表 1

ラスベガスの観光業に関する情報

質問	回答(2008年)	回答(2009年)	回答(2010年)	回答(2011年)
ラスベガスへの年間訪問客数は？	3748万1552人	3635万1469人	3733万5436人	3892万8708人
ラスベガスの供給 ホテル／モーター客室数は？	14万529室	14万8941室	14万8935室	15万0161室
年間のコンベンション参加者数は？	589万9725人	449万2275人	447万3134人	486万5272人
クラーク郡のカジノ収入は？	98億ドル	88億ドル	89億ドル	92億ドル
ラスベガスのカジノ収入は？	61億ドル	56億ドル	58億ドル	61億ドル

ラスベガス観光局 (2012)

http://www.visitlasvegas.jp/media/fam_info.html

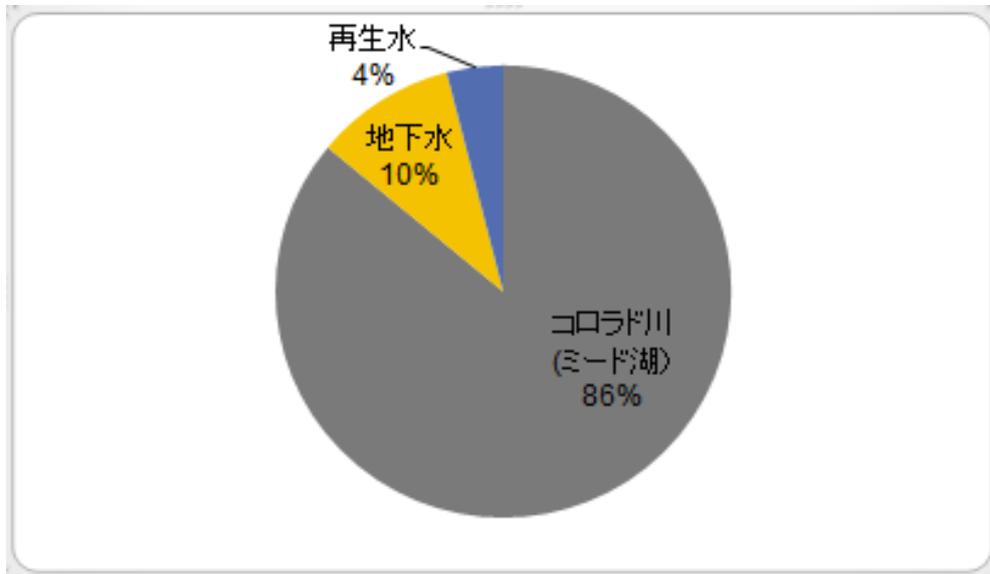
ラスベガスの水について

20 世紀のうちに巨大な都市に進展したラスベガスはどこから水を得ているのか。表 2 はラスベガスの水供給の配分を表している。ラスベガスは水の 10%は地下水、4%は再生水であるが、86%はコロラド川に頼っている。コロラド川の水はフーバーダムによってミード湖にせきとめられている。ラスベガスはそのミード湖からパイプを引いて水を得ているのである。次の章ではそのミード湖についてさらに詳しくみていきたい。

<http://quickfacts.census.gov/qfd/states/32/3240000.html>

表 2

ラスベガスの水供給の配分



Hidden Oasis: Water conservation and efficiency in Las Vegas. Heather Cooley, Taryn Hutchins-Cabibi, Michael Cohen, Peter H. Gleick, and Matthes Heberger (2007)

http://www.westernresourceadvocates.org/media/pdf/hidden_oasis_low_res.pdf

ミード湖について

コロラド川の概要

コロラド川とはコロラド州にあるロッキーマウンテン国立公園を源とし、南西に流れる長さ約 2330km の川で、全米で 7 番目に長い河川である。図 3 に描かれているようにコロラド州からユタ州、アリゾナ州に入り、アリゾナ州とネバダ州とカリフォルニア州の境界を通りながらメキシコの北西部を通り、カリフォルニア湾に流れ出る。コロラド川は激流で有名で、途中で通る国立公園のグランドキャニオンではラフティングツアーが人気を誇っている。

図 3

コロラド川の地図

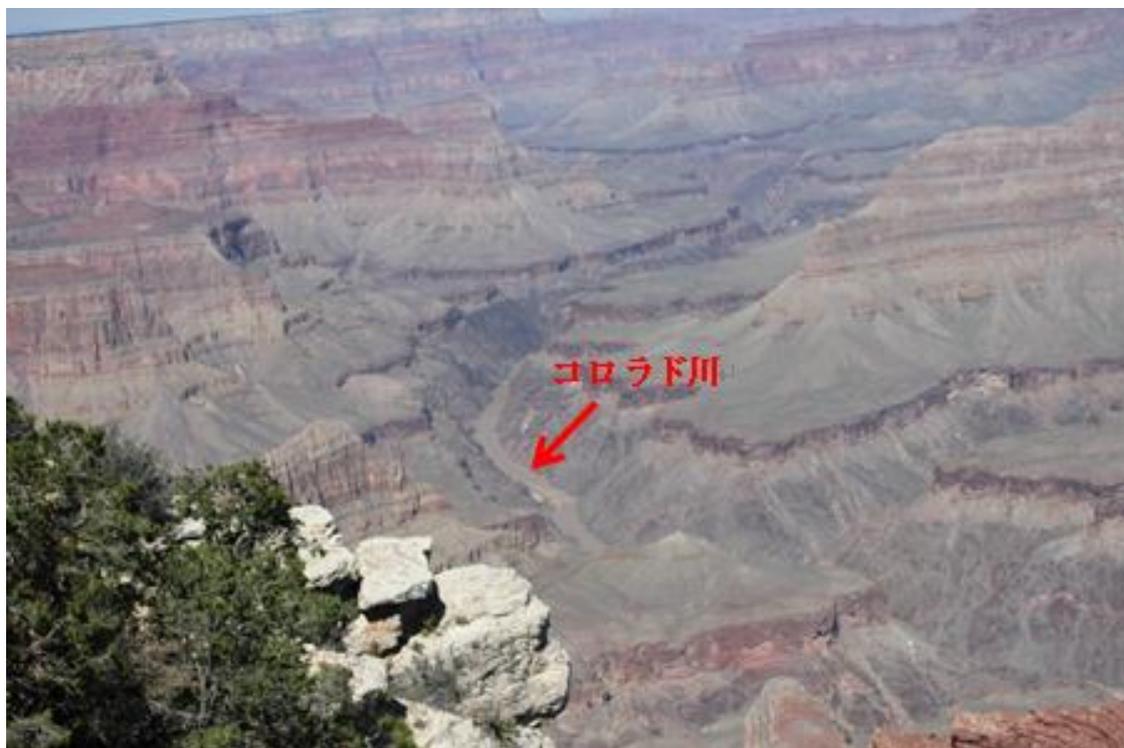


Turkey-Visit Turkey Travel Guide: USA map

<http://www.turkey-visit.com/usa-map.asp>

図 4

グランドキャニオンから見たコロラド川



著者撮影

コロラド川は現在 3 千万人もの人に飲み水を供給している⁵。1922 年にできた Colorado River Compact により、コロラド川の水の配分が決定した。表 3 は水の配分量を示した表である。上流のコロラド州、ニューメキシコ州、ユタ州、ワイオミング州と下流のカリフォルニア州、アリゾナ州、ネバダ州に分けられ、それぞれが年間 9.3 億 kL の水使用を認められた。また、メキシコも約 1.9 億 kL の配分を得ている。その中で、人口や産業をもとに、州ごとの水の配分が決定された。水の 70%以上は農業に使われており⁶、人口も多く農業が盛んなカリフォルニア州が最大の配分を得ている。

⁵ Smithsonian.com: The Colorado River runs dry (2010)
<http://www.smithsonianmag.com/science-nature/The-Colorado-River-Runs-Dry.html#>

⁶ 注 5 と同じ。

表 3

コロラド川の水の配分

上流	約9.3億kL
コロラド州	約4.8億kL
ユタ州	約2.1億kL
ワイオミング州	約1.2億kL
ニューメキシコ州	約1.0億kL
下流	約9.3億kL
アリゾナ州	約3.5億kL
カリフォルニア州	約5.4億kL
ネバダ州	約0.4億kL
メキシコ	約1.9億kL

Department of Plant Sciences: Colorado River allocations

フーバーダムの概要

1931年、景気回復のための大規模公共事業に、ラスベガス周辺にボールダーダムという大きなダムを建設することになった。完成までに4年間かかり、1936年にダムはラスベガスの約55km 東南につくられた。後に、当時大統領を務めていたハーバード・フーバーを称え、フーバーダムと改名された。高さ約221mを誇り、コロラド川の水をせき止めた結果、アメリカ最大の人造湖であるミード湖が1941年に出来上がった。元々はコロラド川の氾濫を抑え、農地へ水を供給することを目的に立てられたダムだが、現在は水力発電で有名である。フーバーダムで発電された電力はラスベガス、カリフォルニア州、アリゾナ州に送電されている。眠らない街であるラスベガスが光り続けていられるのもこのダムのおかげなのである。

図 5

フーバーダム



著者撮影

ミード湖の概要

フーバーダムによってつくられたミード湖は、アリゾナ州とネバダ州の境界に位置する。州ではなく、**Bureau of Reclamation** という組織がダムと湖両方を管轄している。ミード湖はコロラド川から水を引き、最大約 31.8 億 kL を貯蔵することができる。この時、湖は約 590.52km² に広がり、水位は約 374.6m である⁷。この湖は、ラスベガスの飲み水の約 86% を供給しているが、ラスベガスの他にも、Colorado River Compact に規定してある下流のアリゾナ州、カリフォルニア州、

⁷ Las Vegas Sun: Water wise. In the middle of a drought, in the middle of the desert...where do we stand? (2013)
<http://www.lasvegassun.com/news/2008/jul/16/water-wise/>

そしてメキシコへも水を供給している。

また、現在はラスベガスに近い観光地として有名で、ボートや釣りなどレクリエーションで人が集まっている。モハベ砂漠の真ん中にあり、多様な種類の動植物がいることでも有名である。

図 6

ミード湖



Google Map

<https://maps.google.co.jp/maps?q=las+vegas+map&aq=0&ie=UTF-8&hl=en>

ミード湖の現状

ミード湖は現在、危機にさらされている。水が減少しているのである。図7は1985年と2000年のミード湖の東端の写真を比較したものである。コロラド川とミード湖の境の部分であるが、湖の水が著しく干上がっていることがうかがえる。

図 7

ミード湖の東端 1985 年（左）、2010 年（右）



NASA Earth Observatory: Water level changes in Lake Mead (2010)

<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=45945>

表 4 は、1935 年から 2012 年までのミード湖の水位の変化を表している。1935 年はフーバーダムが設立された年であり、水がまだ貯蔵されていなかった。ミード湖が出来上がった 1941 年前後に水位は高くなり、平均水位である 1175ft（約 358.1m）を超えている。だが、2000 年頃を境に、水位は低下傾向にある。2007 年には干ばつレベルである 1125ft（約 342.9m）を下回り、2010 年には 1081.94ft（約 329.8m）まで下がっている。これは危機的貯蔵レベルである 1075ft（約 327.7m）より 2m しか上回っていない。最後に記録された水位は 2012 年の 12 月で、1120.36ft（約 341.5m）。降水量の上昇によりミード湖の水も増えたが、それでも最大水位 1229ft（約 374.6m）から約 33m も低い位置であり、平均水位を大幅に下回っている。

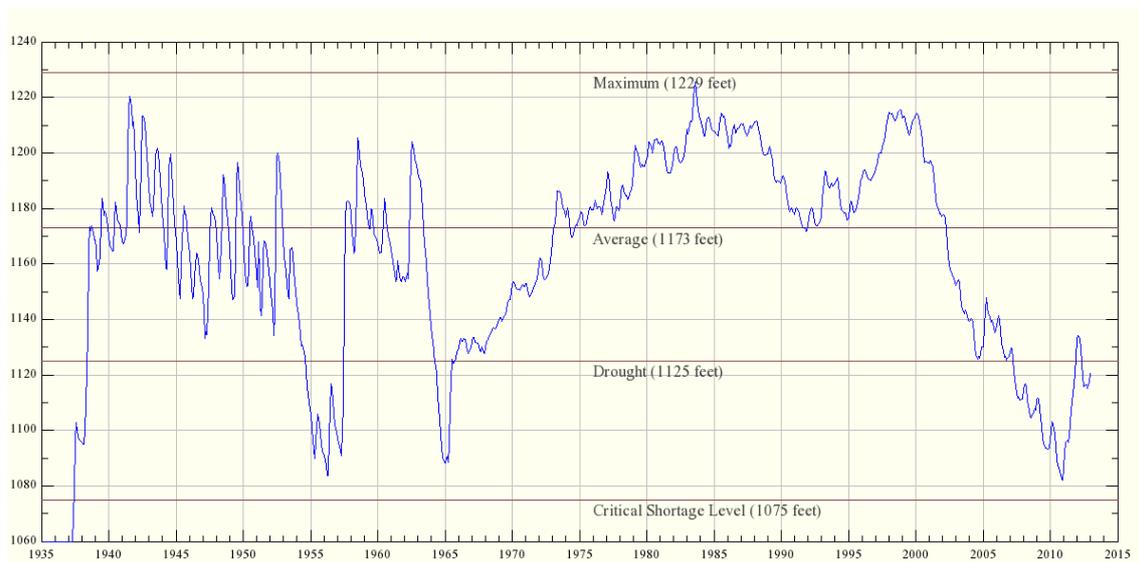
ラスベガスは 2 つのパイプを通して、ミード湖から水を引いている。水位が 1050ft（約 320.4m）を下回ると一つ目のパイプからの水供給が停止され、ラスベガスへの水の供給量の 40% が止まってしまう。また、水位が 1000ft（約 304.8m）を下回ると二つ目のパイプからの水供給が停止され、ミード湖からのラスベガスへの水供給は完全に止まってしまう。2012 年には水位が上昇したが、乾燥した気

候が続けばさらに水位が下がる可能性もある。

カリフォルニア州立大学サンディエゴ校の **Scripps Institution of Oceanography** の研究者は、このままの気候と水使用が続けば 2021 年までにミード湖が干上がる可能性は 50%だと推測している。ミード湖が干上がってしまうと、ラスベガスへの水供給の 86%が停止してしまう。つまり、ラスベガスも一緒に干上がってしまうのである。

表 4

ミード湖の水位(1935 年～2012 年)



U.S. Department of the Interior. Lake Mead at Hoover Dam, elevation (feet) (2013)

<http://www.usbr.gov/lc/region/g4000/hourly/mead-elv.html>

ミード湖の水が減少した原因

① 干ばつ

2000 年から現在まで続いている干ばつにより、コロラド川の水量は減少している。平均年間流量約 185 億 kL のところ、2012 年には約 148 億 kL に減っている

8. コロラド川の流量が減ることにより、コロラド川の流れ着くミード湖の水位も下がっているのである。

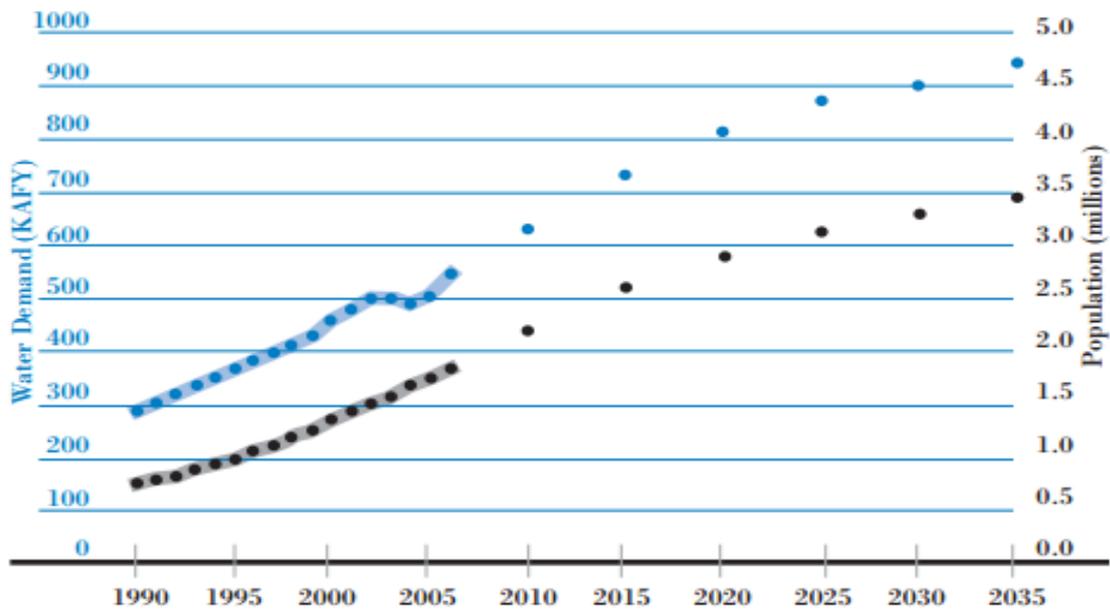
② 人口増大

ラスベガスの人口は今まで常に増え続けている。それにつれて、ラスベガスの水の需要量は増加している。表 5 はラスベガスの 1990 年から 2007 年までの人口変化と水需要量の変化、また 2007 年から 2035 年までの人口変化と水需要量の予測を表している。人口の単位は 100 万人、水需要量の単位は thousand acre feet per year(KAFY)である。1990 年に人口は約 85 万人であったが、2007 年には 190 万人になっており、17 年間で倍以上になっている。水需要量は約 300KAFY (約 3.7 億 kL) から 544KAFY (約 6.7 億 kL) に増加している。一人当たりの水需要量は減っているものの、人口の増加により大幅に水の需要量が増えている。今後さらに人口が増えることが予測され、2035 年には人口は約 350 万人にまで増加する。そして、その時の水需要量は約 11.6 億 kL(944KAFY)に増加する予定である。人口の増加により水需要が増加し、ミード湖の水が減少しているのである。

⁸ Syracuse.com: Colorado River can't support water demands of drought-parched Southwest over next 50 years (2012)
http://www.syracuse.com/news/index.ssf/2012/12/colorado_river_cant_support_wa.html

表 5

ラスベガスの 1990～2035 年の水需要と人口



Hidden Oasis: Water conservation and efficiency in Las Vegas. Heather Cooley, Taryn Hutchins-Cabibi, Michael Cohen, Peter H. Gleick, and Matthes Heberger (2007)

http://www.westernresourceadvocates.org/media/pdf/hidden_oasis_low_res.pdf

問題点と政策

ラスベガスとネバダ州の GDP

ミード湖が干上がり、ラスベガスが都市として機能しなくなることはネバダ州にとって大きな問題である。表 7 はラスベガスとネバダ州の GDP を比較したものを表している。表 7 の右の列は「ネバダ州の GDP に占めるラスベガスの GDP の割合」を示している。全ての年において、ネバダ州の GDP の 7 割程度をラスベガスの GDP が占めていることがわかる。つまり、ネバダ州の財政は、ラスベガスに頼っているのである。ミード湖が干上がり、ラスベガスへの水供給の 86% が停止されてラスベガスが都市として機能しなくなれば、ネバダ州の財政はほぼ確実に破綻してしまう。よって、ミード湖の干上がりを阻止しなければならない。

表 7

ラスベガスとネバダ州の GDP (単位: 100 万ドル)

年	ラスベガス	ネバダ州	割合
2001	56918	79051	72%
2002	60012	82764	73%
2003	65295	89186	73%
2004	74125	100663	74%
2005	85545	114478	75%
2006	92326	123754	75%
2007	99029	133185	74%
2008	97040	131976	74%
2009	91229	124536	73%
2010	89799	130366	69%

U.S. Department of Commerce Bureau of Economic Analysis(2012)より

<http://www.bea.gov/iTable/iTable.cfm?ReqID=70&step=1&isuri=1&acrdn=2>

現在行われている政策

現在行われている政策は主に①水の供給量を増やす政策と②水の需要量を減らす政策に分けられる。

① 水の供給量を増やす政策

現在、水の供給量を保つために行われている政策が、ミード湖に3つ目のパイプを通すことである。前章に述べたように、ミード湖には2つのパイプによりラスベガスに水を運んでいる。ミード湖の水位が約304.8mを下回れば2つのパイプからの水供給が止まってしまう。よって、2009年5月から、ミード湖のさらに深い位置に3つめのパイプを通す計画が実行された。当初は2013年に完成する予定だったが、水が漏れたり労働者の中に死者が出るなどトラブルが相次ぎ完成が2014年の夏に延期された。また、2009年当初の設置費用の予測は8億ドルだったが、トラブルにより、新たに4630万ドルの費用がかかっている。このパイプが完成すれば、ミード湖の水位が304.8mを下回ってもラスベガスに水を供給できるようになる。だが、この政策では、ミード湖からこれから水を引くことに変わりはないので、ミード湖の水は減少し続けてしまう。

よって、水の供給量を増やすためには新たな供給源が必要である。SNWA (Southern Nevada Water Authority) は現在、ネバダ州の東側から新たなパイプをラスベガスに引く計画を練っている。計画にかかる費用は約155億ドルとされている。現在は地主との争いで現実化していないが、計画が実行されパイプが出来上がればラスベガスに新たに年間約1.4億kLの地下水が供給されることになる。だが、これだけではラスベガスの今後の人口増大に伴う水需要の増加に対応しきれない。また、この地下水を過剰利用してしまうと地下水の量が元の量に戻るために200年間かかると言われており、この計画を危険視する人もいる⁹。よって、SNWAは水の需要量を減らす政策に力を入れている。

② 水の需要量を減らす政策

2007年の水使用量は一人当たり一日約965.3Lであった。SNWAは干ばつを考慮に入れ、2035年の水使用量の目標を一人当たり一日約753.3Lと、2009年に

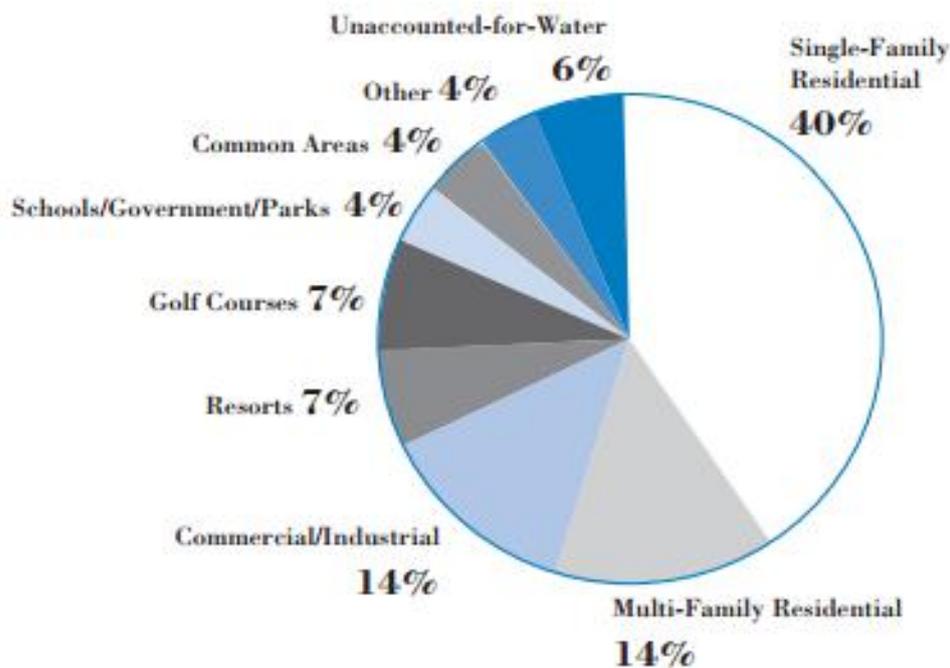
⁹ The Salt Lake Tribune: BLM poised to OK Las Vegas plan to pump and pipe desert groundwater (2012)

<http://www.sltrib.com/sltrib/politics/54624691-90/blm-eis-final-las.html.csp>

設定した¹⁰。そのために SNWA は効率的に水使用量を減らすための政策を考えている。

表 8 は 2004 年におけるラスベガスのセクターごとの水需要を表している。ラスベガスのホテル街では毎日派手に水のショーなどが行われているが、表 8 が示すようにリゾートの水需要は全体の 7%にしか満たない。ラスベガス全体の水需要の 54%をラスベガスに住む住民が占めており、その中でも一戸建て住宅がラスベガス全体の水需要の 40%を占めている。

表 8
セクターごとの水需要 (2004 年)



Hidden Oasis: Water conservation and efficiency in Las Vegas. Heather Cooley, Taryn Hutchins-Cabibi, Michael Cohen, Peter H. Gleick, and Matthes Heberger (2007)

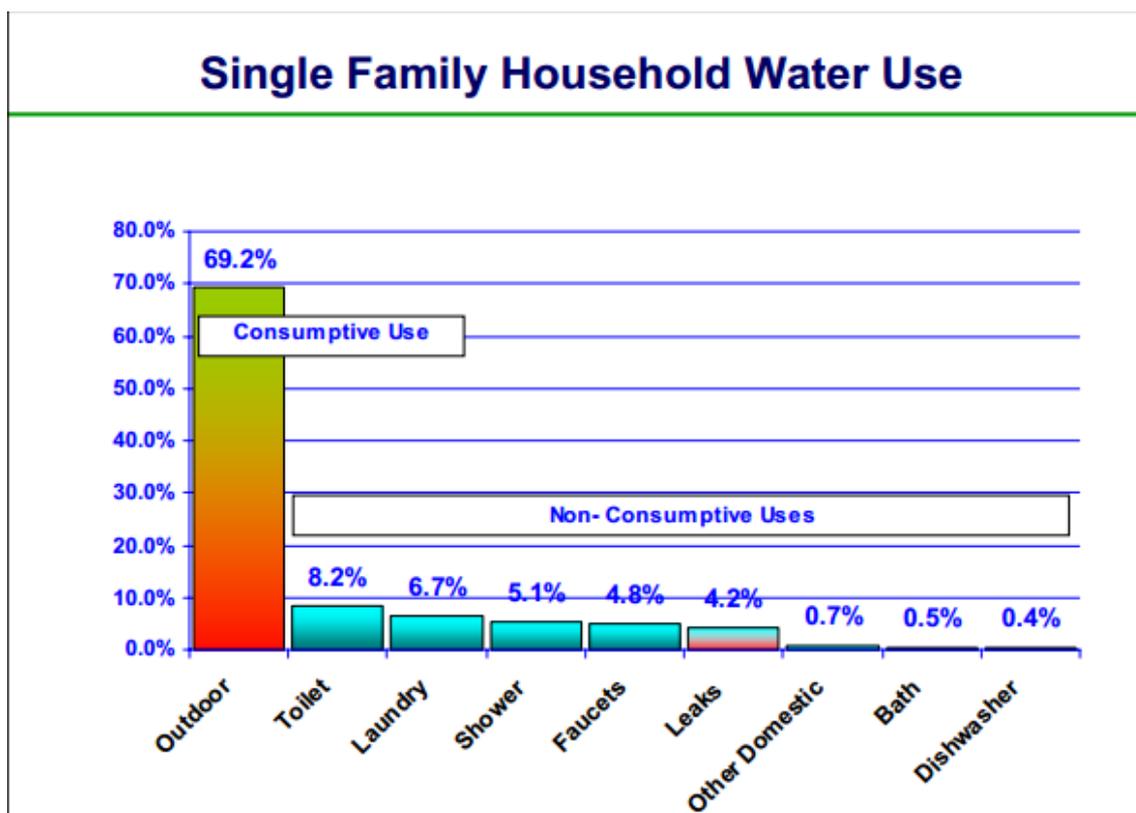
http://www.westernresourceadvocates.org/media/pdf/hidden_oasis_low_res.pdf

¹⁰ Southern Nevada Water Authority: SNWA Milestones (2013)
http://www.snwa.com/about/history_milestones.html

なぜ一戸建て住宅の水需要がそんなに多いのか。表 9 はその答えを示している。表 9 はラスベガスの一戸建て住宅における分野別の水使用を表しているが、屋外での消費的使用が 69.2%を占めている。また表 10 は、2000 年におけるラスベガスの一戸建て住宅での夏の屋外水使用の配分を示している。この表からわかるように、外での消費的使用とは、庭への水やり、プールの水、外での水漏れのことである。その中でも、庭への水やりが外での水使用の 96%を占めている。なぜならば、プールは富裕層でなければ所有できないが、アメリカの一戸建て住宅のほとんどは芝生の前庭と裏庭をもっているからである。よって、この芝生への水やりをいかに減らせるかが、一戸建て住宅での水需要を減らす鍵となる。

表 9

ラスベガスの一戸建て住宅における分野別使用



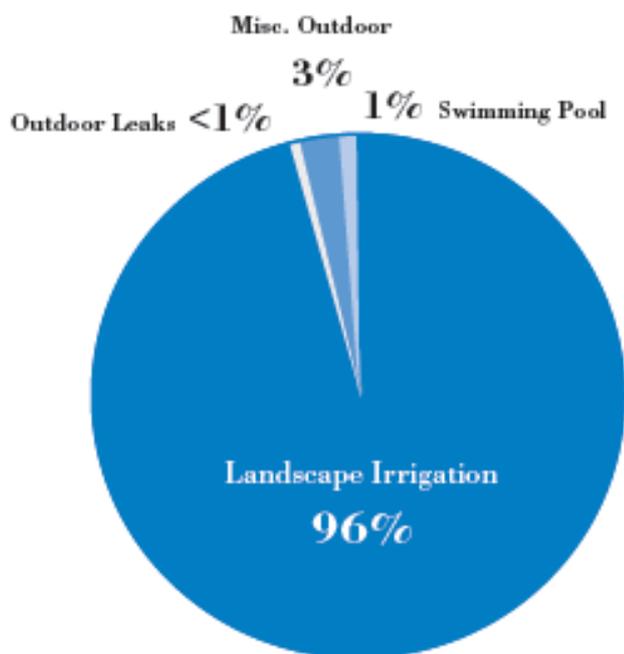
Southern Nevada Water Authority: Sustainability: The Las Vegas Approach.

Holmes, R. B.

<http://www.niph.go.jp/soshiki/suido/pdf/h21JPUS/abstract/r5-2.pdf>

表 10

ラスベガスの一戸建て住宅における夏の屋外水使用の配分（2000年）



Hidden Oasis: Water conservation and efficiency in Las Vegas. Heather Cooley, Taryn Hutchins-Cabibi, Michael Cohen, Peter H. Gleick, and Matthes Heberger (2007)

http://www.westernresourceadvocates.org/media/pdf/hidden_oasis_low_res.pdf

屋外での水使用を減らしたい理由

ラスベガスの水システムにとって、屋外における水使用は避けたいものなのである。表 2 で示したように、ラスベガスの水供給の 86% がコロラド川からの水で、他に 10% を地下水から、4% を再生水から得ている。

再生水とは、ラスベガスで使用された水が浄化され、再使用されているものである。屋内で使われる水に関しては全てが再使用されており、再使用された水はゴルフ場や公園など芝生面積が多い場所で使われる。

だが、屋外で使用される水は再使用されない。ラスベガスは砂漠気候でとても乾燥しており、降水量が年間 10.4cm なのに対して蒸散量は年間 213.9cm である

11。よって、外で水を使用すると、すぐに水が蒸散してしまい、ラスベガスの水システムからその水が失われてしまうのである。よって、屋外における水使用を減らす必要がある。

Water Smart Landscape Rebate Program の概要

SNWA は、庭への水やりを減らすために、Water Smart Landscape Rebate Program を 1999 年に開始した。このプログラムは、芝生を除去して、代わりに砂漠気候対応植物を植えた住民に対して補助金を支払い、芝生の除去を促すプログラムである。現在は、芝生 5000ft²(約 465 m²) までは、1ft²(約 0.09 m²)除去するにつれて \$ 1.50 支払われ、5000ft²以上からは 1ft²あたり \$ 1 が支払われる。芝生 1ft²あたり年間 276.34L の水を消費するのに対して砂漠気候対応植物は年間 65.11L しか消費しないので、1ft²の芝生を砂漠気候対応植物に変換するだけで年間約 56gallons の水を節水できる¹²。

¹¹ Hidden Oasis: Water conservation and efficiency in Las Vegas. Heather Cooley, Taryn Hutchins-Cabibi, Michael Cohen, Peter H. Gleick, and Matthes Heberger (2007)

http://www.westernresourceadvocates.org/media/pdf/hidden_oasis_low_res.pdf

¹² 注 11 と同じ。

図 8

芝生除去前後



Southern Nevada Water Authority: Sustainability: The Las Vegas Approach.
Holmes, R. B.

<http://www.niph.go.jp/soshiki/suido/pdf/h21JPUS/abstract/r5-2.pdf>

Water Smart Landscape Rebate Program の現状

このプログラムでは、2007年までに合計 7,548,400 m²の芝生が除去され、年間約 1716 万 kL 以上の水が削減されている¹³。

しかし、参加率が減少傾向にある。表 11 は、2000 年から 2006 年におけるプログラムへの参加人数と除去された芝生面積を表している。2000 年から 2002 年にかけては参加人数も除去された芝生の面積も横ばいであったが、2003 年から 2004 年にかけて参加率と芝生面積が共に大きく伸びている。2002 年まで芝生 1ft²あたり \$0.40 の補助金が支払われていたところ、2003 年 1 月から補助金の額が芝生 1ft²あたり \$1 に上がったからだと考えられる。しかしその後、このプログラ

¹³ Southern Nevada Water Authority: Sustainability: The Las Vegas Approach.
Holmes, R. B.

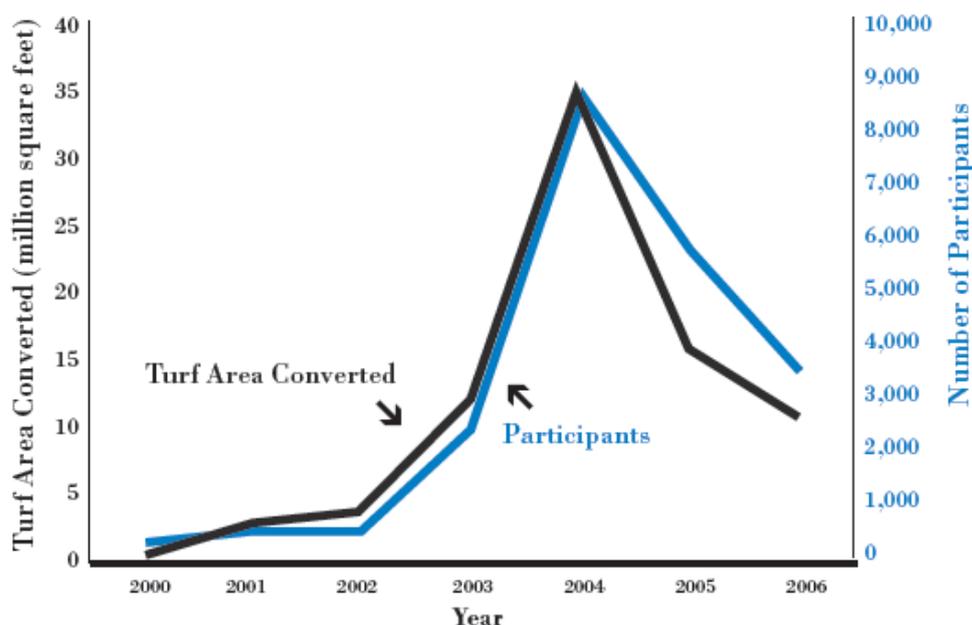
<http://www.niph.go.jp/soshiki/suido/pdf/h21JPUS/abstract/r5-2.pdf>

ムへの参加率は減少している。

だが、2008年におけるラスベガス全体の芝生面積は46,256,000 m²だと推定されている¹⁴。2007年までに、このプログラムで除去された芝生の面積は7,548,400 m²だけであり、まだまだ多くの芝生がラスベガスに残っている。よって、この芝生除去プログラムを推進することで、多くの水需要を減らすことが可能である。

表 11

プログラムの参加者人数と除去された芝生面積（2000～2006年）



Hidden Oasis: Water conservation and efficiency in Las Vegas. Heather Cooley, Taryn Hutchins-Cabibi, Michael Cohen, Peter H. Gleick, and Matthes Heberger (2007)

http://www.westernresourceadvocates.org/media/pdf/hidden_oasis_low_res.pdf

¹⁴ Water Smart Innovations Conference: Using aerial imagery analysis to benefit turf reduction programs in Las Vegas Valley (2008)
<http://www.watersmartinnovations.com/posters-sessions/2008/PDFs/1000-%20Judy%20Brandt-%20Locating%20Turf%20in%20the%20las%20Vegas%20Valley%20using%20Remote%20Sensing%20Techniques.pdf>

Water Smart Landscape Rebate Program の推進

芝生除去プログラムの推進のためには、なぜ 2004 年以降プログラム参加者が減ったかを考える必要がある。補助金の額が上がった 2003 年に、芝生を除去してもよいと考えていた人の多くが一斉に芝生を除去してしまい、芝生を手放したくない人が残ったのだと考えられる。では、なぜ芝生を除去したくない人が多いのか。

第一に考えられる理由が、芝生があるときれいに見栄えがいい、気持ち良くて癒しになるという精神的効用があるからである。

補助金額がまだまだ少なくて、芝生を除去することの費用や手間の方が大きいということも考えられる。SNWA によると、芝生 1ft²を砂漠気候対応植物に変換するために通常\$2 の費用がかかる。それに対して補助金額は、芝生 5000ft²(約 465 m²) までは 1ft²あたり \$ 1.50 支払われ、5000ft²以上からは 1ft²あたり \$ 1 が支払われる。よって、除去する芝生の面積によるが、大半を補助金で賄えることになっている。

また、芝生を持つことの費用が安いことも芝生を手放さない理由だと考えられる。芝生を持つことの費用とは、主に芝刈りなどの手入れの費用と、水やりの費用である。ここで、ラスベガスの水道料金に着目したい。

水道料金の仕組み

ラスベガスは水不足に悩んでいる都市にしては水道料金が非常に安い。表 12 はラスベガスとシアトルの水道料金の比較である。シアトルはアメリカ西海岸の最北であるワシントン州に位置している都市であり、アメリカの中でも最も水道料金の高い都市の一つである。「雨の都市」というあだ名をもち、年間降水量が 92cm でラスベガスの 10.4cm をはるかに上回っており、ラスベガスの砂漠気候とは正反対の気候をもっている。だが、水が不足しているラスベガスの方が水の価格は安い。

具体的に見ると、ラスベガスの水道料金は 4 段階になっており、1 カ月間の水の使用量が 0~6660gallons(0~約 25.2kL)の場合は 1000gallons(約 3.8kL)あたり \$1.16、6661~13320gallons(約 25.2~約 50.4kL)の場合は 1000gallons あたり

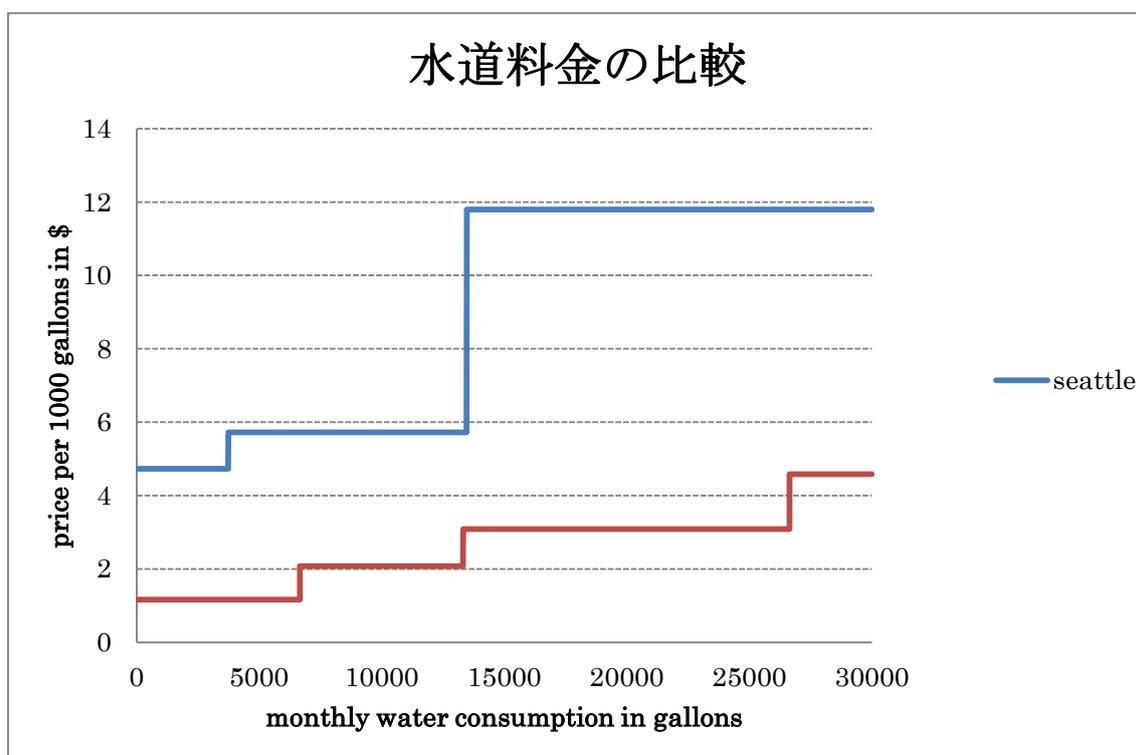
\$2.08、13321～26640gallons（約 50.4kL～約 100.8kL）の場合は 1000gallons あたり \$3.09、26641gallons（約 100.8kL）以上の場合は 1000gallons あたり \$4.58 となっている。それに対してシアトルの水道料金は 3 段階制で、1 カ月間の水の使用量が 0～3740gallons（0～約 14.2kL）の場合は 1000gallons あたり \$4.73、3741～13464gallons（約 14.2～約 51kL）の場合は 1000gallons あたり \$ 5.72、13465gallons（約 51kL）以上の場合は 1000gallons あたり \$ 11.80 となっている。また、両都市で、これとは別にサービス費などの料金が毎月かかる。その料金は、水道のメーターのサイズによって異なり、メーターのサイズが大きくなるにつれて高くなる。

シアトルの水道料金は全体的に高い。水の使用量によって水道料金が 3 段階制で、1 段目の価格から 1000gallons あたり \$4.73 と非常に高く、低所得層には厳しい。また、1 段目から 2 段目への値上がりは \$0.99 であまり高くないが、2 段目から 3 段目への値上がりが \$6.08 でとても大きな値上がりになっている。よって、水使用量の多い人にとっては水道料金が高くなってしまい、人々の間に節水しようという努力が生まれる。

それに対して、ラスベガスの水道料金は全体的に非常に安くなっている。水の使用量によって水道料金が 4 段階制になっているが、1 段目から 2 段目への値上がりが \$0.92、2 段目から 3 段目が \$ 1.01、3 段目から 4 段目が \$ 1.49 となっており、水の使用量が多くてもそこまで水道料金が大幅に増えることはない。よって、節水しようという気持ちが生まれにくい。人々が芝生を除去しないのはこの安い水道料金が一つの理由だと予測することができる。よって、芝生の除去を推進するために、ラスベガスの水道料金の再設定が必要である。

表 12

ラスベガスとシアトルの水道料金の比較



Las Vegas Valley Water District (2013)

<http://www.lvwd.com/index.html>

Seattlegov.com(2013)

<https://www.seattle.gov/default.htm>

モデル分析

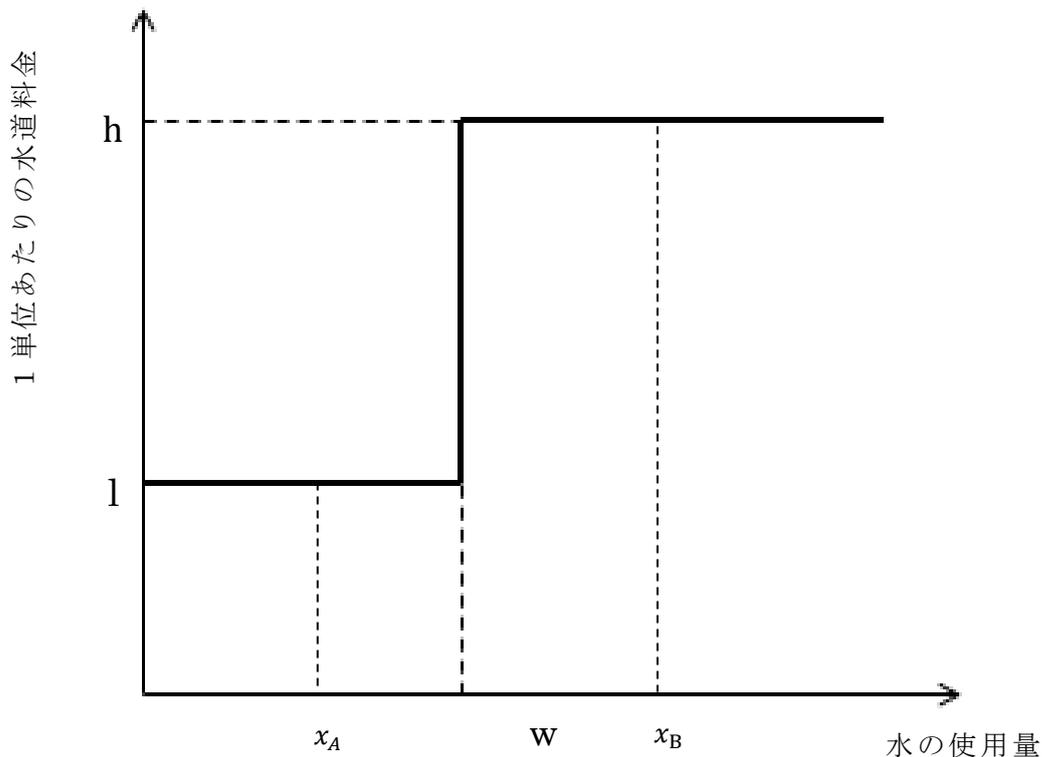
ここでは、芝生の除去を推進するためにどのような水道料金が好ましいのかを検証したい。

芝生の除去を推進するためには、芝生を除去して砂漠気候対応植物に植え替えた時の消費者の純効用が、芝生を保有している時の純効用より高い必要がある。よって、ある一般的な消費者の、芝生を除去する前と後の純効用を比べたいと思う。この消費者は水を、生活のために、また芝生のために、という 2 つの用途で使用すると仮定する。

そこでまず水を 2 つの種類に分けたいと思う。1 つ目が、飲み水、お風呂、ト

イレ、洗濯など生活に必要不可欠な水である。そして 2 つ目が、芝生に使う生活には必要でない水である。必要不可欠な水は誰もが使えるように、水の料金を安くし、水 1 単位あたりの水道料金を 1 とする。必要でない水に関しては節水努力を促すように高い値段を設け、水 1 単位あたりの水道料金を h とする。つまり、水道料金を安い水と高い水の 2 段階制にしたいと考える。そして水の値段が 1 から h に切り替わるところの月々の水の使用量を w とする。よって、月々の水道料金は図 9 のようになる。芝生がない時は、生活に必要な水しか使わないので、水使用量は少ない。例えば、図 9 の x_A だけ水を使うとする ($x_A < w$)。その時の水道料金は $1x_A$ となる。芝生がある時は、多くの水を使用することになる。例えば、図 9 の x_B だけ水を使うとする ($x_B > w$)。この時の水道料金は $1w + h(x_B - w)$ となる。

図 9
仮想の水道料金



ある一般的な消費者の芝生除去前後の純効用を比較するために、記号は以下のように定義する。

- u : 芝生から得る効用
- x : 水の使用量
- w : 水の値段が切り替わる地点での水の使用量
- h : 必要不可欠な水の 1 単位あたりの値段
- l : 芝生に使用する水の 1 単位あたりの値段
- t : 芝生 1 単位あたりの手入れ費用
- r : 芝生 1 単位あたりの植え替え費用
- s : 芝生除去 1 単位あたりの補助金
- g : 芝生の量

芝生がある時の消費者の純効用は

$$U_{before} = \sqrt{ug} - \{lw + h(x - w)\} - tg$$

となる。この時、消費者は芝生の保有から効用を得る。だが、芝生を持つことで、水の使用量が多く、w 以上の水を使用してしまう。よってその月の水道料金は $lw + h(x - w)$ となってしまう。

芝生を除去して砂漠気候対応植物に植え替えた場合の消費者の純効用は

$$U_{after} = -lx - rg + sg$$

となる。この時、消費者は芝生からの効用を失ってしまうが、その分水の使用量が w 未満に収まるので、その月の水道料金は lx になる。

芝生除去を推進するためには $U_{after} - U_{before} > 0$ である必要がある。よって、

$$U_{after} - U_{before} = (h - l)(x - w) - \sqrt{ug} + (t + s - r)g > 0$$

である必要がある。

この時、芝生の手入れ費用、植え替え費用、補助金額は決まっていて動かすことはできない。動かすことができるのは水道料金の h と l、そして水の使用量 x、そして水道料金が切り替わる閾値である w である。

上の式より、まず h と l の差が大きければ大きいだけ $U_{after} - U_{before} > 0$ の不等式が成り立ちやすいということが言える。つまり、2 段階制の水料金で、1 段目と 2 段目の水の値段の差が大きいほど良いということである。そのためには、生

活に必要な水の値段である 1 をできるだけ低価格に、そして生活に必要なではない芝生に使う水の値段をできるだけ高く設ける必要がある。また、上の式から x と w の差も大きければ大きいだけ $U_{after} - U_{before} > 0$ の不等式が成り立ちやすくなることが言える。よって、水道料金の 2 段階制の料金を切り替える閾値である w をできるだけ小さくすることが良いと言える。

結論

今のラスベガスの水道料金のシステムでは、水の値段が安すぎて芝生の除去を推進することが難しい。よって、水道料金を見直す必要がある。分析から、ラスベガスの水道料金を2段階制にした場合、生活に必要な水はできるだけ安く、生活に不必要な水はできるだけ高く設定した方が良いという結果になった。また、その値段が切り替わる水の使用量の閾値 w が小さい方が効果的だということがわかった。これらにより、芝生を除去して砂漠気候対応植物に植え替えた時の純効用の方が芝生を保有している時の純効用より高くなり、芝生の除去を推進できる。それにより、ラスベガスの水需要の多くを占めている一戸建て住宅における外での水使用を大幅に減らし、ラスベガスの水需要全体を減らすことができる。

本論文では、ある一般的な消費者を用いて分析をして水道料金のシステムを考えたが、実際に使用する水の量は家庭の人数、家の大きさや芝生の面積によってさまざまなので、閾値 w をどこの家庭でも一律にすることは難しい。また、本論文はラスベガスの水需要を減らすための政策として芝生の除去プログラムに着目したが、ラスベガスの成長がこのまま続く中、その一つだけのプログラムでは将来の水需要増加は避けられず、他の対策も一緒に考えていくことが必要である。

参考文献

Turkey-Visit Turkey Travel Guide:USA map

2013年1月20日アクセス

<http://www.turkey-visit.com/usa-map.asp>

U.S. Department of Commerce. United States Census Bureau: Nevada County selection map (2013)

2013年1月20日アクセス

http://quickfacts.census.gov/qfd/maps/nevada_map.html

ラスベガス観光局 (2012)

2013年2月6日アクセス

http://www.visitlasvegas.jp/media/fam_info.html

Hidden Oasis: Water conservation and efficiency in Las Vegas. Heather Cooley, Taryn Hutchins-Cabibi, Michael Cohen, Peter H. Gleick, and Matthes Heberger (2007)

2013年2月20日アクセス

http://www.westernresourceadvocates.org/media/pdf/hidden_oasis_low_res.pdf

City of Las Vegas (2013)

2013年2月6日アクセス

<http://www.lasvegasnevada.gov/FactsStatistics/history.htm>

Sperling's Bestplaces: Cost of living in Las Vegas, Nevada (2010)

2013年2月3日アクセス

http://www.bestplaces.net/cost_of_living/city/nevada/las_vegas

U.S. Department of commerce. United States Census Bureau: Las Vegas (city), Nevada. (2013)

2013年1月20日アクセス

<http://quickfacts.census.gov/qfd/states/32/3240000.html>

Department of Plant Sciences: Colorado River allocations

Smithsonian.com: The Colorado River runs dry (2010)

2013年2月3日アクセス

<http://www.smithsonianmag.com/science-nature/The-Colorado-River-Runs-Dry.html#>

Las Vegas Sun: Water wise. In the middle of a drought, in the middle of the desert...where do we stand? (2013)

2013年2月6日アクセス

<http://www.lasvegassun.com/news/2008/jul/16/water-wise/>

NASA Earth Observatory: Water level changes in Lake Mead (2010)

2013年2月3日アクセス

<http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=45945>

U.S. Department of the Interior. Lake Mead at Hoover Dam, elevation (feet) (2013)

2013年2月6日アクセス

<http://www.usbr.gov/lc/region/g4000/hourly/mead-elv.html>

U.S. Department of Commerce Bureau of Economic Analysis(2012)より

2013年2月17日アクセス

<http://www.bea.gov/iTable/iTable.cfm?ReqID=70&step=1&isuri=1&acrdn=2>

Syracuse.com: Colorado River can't support water demands of drought-parched Southwest over next 50 years (2012)

2013年2月6日アクセス

http://www.syracuse.com/news/index.ssf/2012/12/colorado_river_cant_support_wa.html

The Salt Lake Tribune: BLM poised to OK Las Vegas plan to pump and pipe desert groundwater (2012)

2013年2月8日アクセス

<http://www.sltrib.com/sltrib/politics/54624691-90/blm-eis-final-las.html.csp>

Southern Nevada Water Authority: SNWA Milestones (2013)

2013年2月20日アクセス

http://www.snwa.com/about/history_milestones.html

Southern Nevada Water Authority: Sustainability: The Las Vegas Approach. Holmes, R. B.

2013年2月20日アクセス

<http://www.niph.go.jp/soshiki/suido/pdf/h21JPUS/abstract/r5-2.pdf>

Water Smart Innovations Conference: Using aerial imagery analysis to benefit turf reduction programs in Las Vegas Valley (2008)

2013年2月20日アクセス

<http://www.watersmartinnovations.com/posters-sessions/2008/PDFs/1000-%20Judy%20Brandt-%20Locating%20Turf%20in%20the%20las%20Vegas%20Valley%20using%20Remote%20Sensing%20Techniques.pdf>

Las Vegas Valley Water District (2013)

2013年2月22日アクセス

<http://www.lvwvd.com/index.html>

Seattlegov.com(2013)

2013年2月22日アクセス

<https://www.seattle.gov/default.htm>