

31. 住民ボランティアを活用した 地域小水力発電事業の検討

森 龍太¹・大野 栄治^{2*}・松本 明³・石飛 勝也³

¹学生会員 名城大学大学院都市情報学研究科（〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘4-3-3）

²正会員 名城大学都市情報学部（〒509-0261 岐阜県可児市虹ヶ丘4-3-3）

³非会員 (株)エックス都市研究所（〒171-0033 東京都豊島区高田2-17-22）

* E-mail: ohnoeiji@meijo-u.ac.jp

本研究では、地域小水力発電事業へ住民ボランティアを活用することがもたらす経済効果について、仮想市場評価法の評価指標とされる支払意思額に代わるものとして提案された奉仕労働量と産業連関分析の手法を活用したIO-WTW連携分析を行い、その経済効果を算出し、事業の実現可能性の検討および評価を行った。その結果、無償、もしくは参加の動機づけとして営業余剰から少額の謝礼を支払う有償ボランティアを導入するケースでは、ボランティアの能力に応じて、ボランティア未導入時よりも営業余剰が増加し、効果が期待できることが示唆された。また、謝礼額が一定以上となると、ボランティア未導入時よりも営業余剰が減少し、効果が期待できなくなることが示唆された。

Key Words : *citizen participation, conjoint analysis, economic evaluation, small hydroelectric generation, willingness to work, input-output analysis*

1. はじめに

地球温暖化に起因した種々の被害防止のため、世界的に温室効果ガスの排出抑制が求められ、わが国でも取り組みが進められている。この問題は国レベルでの対処のみならず、地域レベルでの対処も必要と考えられる。

わが国の地方部には温室効果ガスの削減に寄与する、再生可能エネルギーとなり得る自然資源（森林、風力、水力、太陽光など）が豊富に存在する。このうち、農業用水路や小さな河川に小規模な発電機を設置し、わずかな落差を利用して発電する小水力発電では、河川の未利用水資源を有効活用することができる。この発電方式では、適正な流水を確保するために河川や水路を整備・維持管理することが必要になる。特に、小水力発電を効率的に稼働させるためには、日常的な維持管理が重要であり、一般には域内外の専門業者へ依頼すると考えられる。

しかしながら、維持管理の中にも、施設の見回りや水路、河川のごみの清掃など、専門性が低い作業も存在すると考えられる。すなわち、日常的な維持管理のうち、専門性が低いものについては、小水力発電施設を設置した地域住民ボランティアの参加・協力により行い、専門性が高い作業のみ専門業者に委託するといった形態をと

ることも考えられる。

この場合、地域住民の環境活動が活性化することにより、地域コミュニティの活性化が期待される。また、住民ボランティアの協力次第では、それに付随した運用費の削減が期待できる。この削減分をうまく地域に還元すれば、例えば地域の公共サービスの充実を図る政策の実現も期待される。このほかにも、活用方法は種々存在するものと考えられる。よって、再生可能エネルギー事業実施に伴う、温暖化防止と地域経済活性化の両立は可能であると考えられる。

そこで本研究では、地域小水力発電事業へ住民ボランティアを活用することがもたらす経済効果について、アンケート調査のデータをもとに、仮想市場評価法（contingent valuation method: CVM）の評価指標とされる支払意思額（willingness to pay: WTP）に代わるものとして提案された奉仕労働量（willingness to work: WTW）に基づく分析により、各種属性を考慮したうえで、地域小水力発電事業への奉仕労働量の算出を行う。そのうえで、産業連関分析（input-output analysis: IO 分析）の手法を活用し、IO-WTW 連携分析を行い、その経済効果を算出することにより、事業の実現可能性の検討および評価を行う。

2. データ収集

(1) アンケート調査の概要

本研究では、便益評価に用いる家計の効用関数を推定するため、20歳以上の長野県民を対象とした Web 形式のアンケート調査を 2013 年 10 月上旬に実施し、合計 1,096 件の回答を得た。ここで、アンケート内容を理解できなかったと回答しているものは不適として除外したため、分析用の標本数は 1,077 件となっている。なお、被験者の属性については以下のとおりである。

【性別】男性：51.8%，女性：48.2%

【年齢】20～24 歳：7.0%，25～29 歳：13.3%，30～34 歳：8.4%，35～39 歳：11.9%，40～44 歳：10.2%，45～49 歳：9.5%，50～54 歳：12.3%，55～59 歳：7.7%，60～64 歳：11.4%，65～69 歳：5.5%，70 歳以上：3.0%

【職業】無職：12.8%，専業主夫・主婦：18.4%，学生・生徒：2.5%，パート・アルバイト：15.0%，会社員・従業員：32.8%，経営者・自営者：11.1%，国家公務員：0.4%，地方公務員：3.9%，団体職員：1.4%，その他：1.7%

(2) アンケート調査の内容

調査の表題は「地球温暖化対策と地域経済活性化に関する意識調査」とし、以下の内容で調査票を設計した。

【問 1】個人属性（性別、年齢、職業、年収、環境保全等の活動状況）

【問 2】地球温暖化の影響および対策に対する意識

【問 3】再生可能エネルギー事業および小水力発電事業に対する意識

【問 4】仮想的な小水力発電事業に関する一対比較（負担金）

【問 5】同上（奉仕労働、謝礼なし）

【問 6】同上（奉仕労働、謝礼あり、1 回目）

【問 7】同上（奉仕労働、謝礼あり、2 回目）

【問 8】調査内容の理解度

アンケート調査においては、被験者の居住地が長野県内であることを、また個人属性による評価結果の違いを分析することを目的として、個人属性に関する質問を問 1 にて用意した。次に調査の導入として、地球温暖化の影響や対策を認知してもらうことを目的として、問 2～問 3 の質問を用意した。なお、影響や対策の説明を理解しやすくするために、図や写真を用いている。

本調査の主要な質問は問 4～問 7 であり、このうち本論文で扱う中心部分は問 6 および問 7 である。ここでは

表-1 に示すような異なるプロファイルを持つ 2 つの仮想的な小水力発電事業を提示し、被験者に望ましい方を選択してもらう「一対比較質問」とした。なお、問 6（表-1）の A1～A4 および B1～B4 および問 7（表-1 と同様）の C1～C4 および D1～D4 の数値については、表-2 に示す変数（売電収益、還元割合、作業時間、謝礼）の数値を組み合わせ与えた。そして、全部で 13 通りの質問票を用意した。

表-1 仮想的な小水力発電事業に関する一対比較質問

以下のように「わずかな謝礼金のあるボランティア活動」を想定した小水力発電事業 A と B があなたのお住まいの地域に計画されたと仮定します。

【小水力発電事業 A】

①小水力発電事業の売電収益：

（地元の恩恵（雇用面）に関する要素）

_____ 年間 A1 万円

②地元の地域住民に対する売電収益の還元割合：

（地元の恩恵（公共サービス面）に関する要素）

_____ 売電収益の A2 %

③地元の地域住民に求められる作業（注 1）：

（地元の負担（奉仕労働面）に関する要素）

_____ 年間 A3 時間

④作業に対する謝礼：

（協力者の恩恵（収入面）に関する要素）

— 1 時間あたり A4 円の謝礼

【小水力発電事業 B】

①小水力発電事業の売電収益：

（地元の恩恵（雇用面）に関する要素）

_____ 年間 B1 万円

②地元の地域住民に対する売電収益の還元割合：

（地元の恩恵（公共サービス面）に関する要素）

_____ 売電収益の B2 %

③地元の地域住民に求められる作業（注 1）：

（地元の負担（奉仕労働面）に関する要素）

_____ 年間 B3 時間

④作業に対する謝礼：

（協力者の恩恵（収入面）に関する要素）

— 1 時間あたり B4 円の謝礼

（注 1）河川や水路の日常的な維持管理（見回り、ごみの清掃など）

【問】上記の小水力発電事業 A と B について、あなたはどちらの事業に対して協力してもよいと思いますか。あてはまるものを 1 つ選んでください。

1. A に協力してもよい
2. B に協力してもよい
3. どちらに協力してもよい
4. どちらにも協力したくない

3. WTW の推計

(1) 住民 1 人あたり WTW の推計

本研究で提案した小水力発電事業に対する WTW は、前章に記したアンケート調査のデータをもとに、大野ら(2014)¹⁾にて推定されたパラメータ(表-3)を WTW 関数(式(1))へ適用することにより推計される。なお、詳細については、大野ら(2014)¹⁾を参照されたい。

$$WTW = - \frac{a_1 X_1 + a_2 X_1 X_2}{a_3 X_4 + \left\{ a_4 + \sum_{n=5} a_n X_n \right\}} \quad (1)$$

ただし、 V ：小水力発電事業に対する効用水準、 X_1 ：小水力発電事業の売電収益、 X_2 ：地元の地域住民に対する売電収益の還元割合、 X_4 ：作業に対する謝礼、 X_n ：各種の個人属性（性別、年齢、世帯年収、各種活動状況（環境保全活動、町内会活動）、各種関心度（温暖化、再エネ導入、小水力発電事業））、 a_1, a_2, a_3, a_4, a_n ：未知のパラメータ。

パラメータの推定結果より、小水力発電事業に対する 1 人あたり WTW は、小水力発電事業の各種属性（売電収益、還元割合、謝礼）ならびに各種個人属性によって変化することがわかる。

この結果から、同一の発電規模かつ還元割合の事業でも、謝礼単価が増加すれば WTW も増加することがわかる。すなわち、無償ボランティアよりも、有償ボランティアの方が WTW が多いことを意味する。しかし、有償ボランティアを導入する場合、同時に謝礼（少額の人件費）が増加することを意味する。よって、有償ボランティア導入により業者へ支払う維持管理費が削減できたにもかかわらず、謝礼支払により、ボランティア未導入時よりも収支が悪化するケースが生じる可能性もある。

よって、事業への有償ボランティアの導入にあたっては、その収益性を鑑みた謝礼単価となるよう注意する必要がある。

(2) 総 WTW および謝礼総額の推計

式(1)で与えられる住民一人あたり WTW の奉仕労働量に各種属性、ならびに適用範囲内の参加人数を乗じることにより、総 WTW が求められる。前章の推計結果より、WTW は小水力発電事業の各種属性および各種個人属性により変化する。本研究では、無償ボランティアおよび有償ボランティア（奉仕労働者へ少額の謝礼を渡す場合）導入時の経済効果を分析することを想定し、謝礼単価ごとの総 WTW を算出することとした。ここで、謝礼単価

表-2 変数の内容

変数名	性質	内容
売電収益	順序 カテゴリー	想定年間収益額 (1,000 万円, 2,000 万円)
還元割合	順序 カテゴリー	想定還元率 (5%, 10%)
作業時間	順序 カテゴリー	想定年間労働時間 (1 時間, 4 時間, 12 時間, 50 時間)
謝礼	順序 カテゴリー	時間あたりの想定謝礼金 (400 円, 800 円)

表-3 パラメータの推定結果

変数	推定値	t 値
売電収益	6.621×10^{-4}	9.061
売電収益 × 還元割合	1.599×10^{-3}	1.898
作業時間 × 謝礼	5.386×10^{-5}	6.487
作業時間	-7.544×10^{-2}	-9.128
性別 × 作業時間	-	-
年齢 × 作業時間	-3.670×10^{-4}	-2.903
世帯年収 × 作業時間	-7.106×10^{-6}	-1.473
活動 状況	環境保全活動 × 作業時間	-
	町内会活動 × 作業時間	1.347×10^{-2}
関 心 度	温暖化 × 作業時間	2.036×10^{-4}
	再エネ導入 × 作業時間	-
	小水力発電事業 × 作業時間	4.964×10^{-4}
的中率	0.7221	
尤度比	0.1329	
標本数	4,308	

の設定にあたり、長野県では 728 円/時間（2014 年 10 月 1 日から適用）が最低賃金と定められている²⁾。そのため、これを大幅に超過することは、被験者は当該作業を奉仕労働ではなく賃金労働として認識する可能性が高いものと考えられる。このことを踏まえ、分析に用いる謝礼単価は、0 円（謝礼なし）～800 円までの 100 円刻みとした。

また今回の調査では、居住地から小水力発電施設までの定量的な距離について、実現性との兼ね合いにより言及を控えた（調査票内では、「あなたのお住まいの地域」および「あなたのお住まいの近く」と記した）。そこで以下の条件を設定するとともに、基礎統計等も参考にしながら、WTW 関数の適用範囲の設定を行うこととした。

【条件】

- ①：発電施設の直近では、1世帯あたり1人が参加
- ②：施設から1km以上離れた地点での参加者はゼロ
- ③：施設から1km以内の参加率は直線的に変化
- ④：参加対象者は、20～74歳の男女

【基礎統計】³⁾

長野県(2010)の総人口：2,152,449人、世帯数：794,461世帯、1世帯あたり人員＝2.71、総面積：13,562km²

【人口分布】

人口密度（総人口/総面積）に従って均等に分布

これより、本研究でのWTW関数の適用範囲は、発電施設から1km圏内に居住する20～74歳の住民の1/9と定めた。

なお、謝礼単価以外は固定値とすることとし、小水力発電事業の各種属性（売電収益、還元割合、謝礼）値については、次章に記載する事業シナリオを参考に、売電収益は1,084万円（産業連関表の小水力発電部門におけるボランティア未導入時の営業余剰額）、還元割合は5%、（有償ボランティアの各時給金額における謝礼総額の平均値）と設定した。また、各種個人属性は、年齢と世帯年収については、厚生労働省の「平成24年賃金構造基本統計調査」⁴⁾を参考に、長野県の平均値付近である40歳および400万円と設定した。残りの属性については、いずれも最頻値を適用することとし、町内会活動状況については「関わりなかった」、温暖化および小水力発電事業の関心度については「普通に関心がある」と設定した。

これらより謝礼単価ごとに総WTWを求めたところ、表-4に示す結果を得た。

4. IO-WTW 連携分析

(1) 政策シナリオの設定と分析方法

本研究では、IO-WTW連携分析により、無償ボランティアおよび有償ボランティア（奉仕労働者へ少額の謝礼を渡す場合）導入時の経済効果を分析する。分析には、「小水力発電事業分析用地域産業連関表」⁵⁾を用いた。これは、長野県産業連関表(2005)に基づいて作成された長野県飯田市産業連関表(2010)へ、小水力発電部門が組み込まれたものである。

分析にあたり、小水力発電事業の事業規模に関する情報が必要であった。そこで、新エネルギー財団「ハイドロバレー計画ガイドブック」⁶⁾および環境省委託事業「平成22年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」⁷⁾を参考に、表-5に示す事業規模を想定、設定し、これを用いることとした。

表-4 謝礼単価ごとの総WTW

謝礼単価 (円/時)	0	100	200	300	400	500	600	700	800
総WTW (時間)	496	545	605	680	776	905	1,087	1,368	1,872
謝礼総額 (百万円)	0	5.45	12.10	20.39	31.03	45.24	65.23	95.78	149.73

表-5 想定した小水力発電事業の事業規模

発電規模 (kW)	147
年間売電量 (kWh)	703,305
売電単価 (円/kWh)	25
年間売電額 (百万円)	17.6
発電所建設費 (百万円)	147

なお、住民ボランティアによる日常的な維持管理の導入にともなう運用費の削減額については、どの程度の作業能力を持っているか（例えば、河川や水路の見回り、ごみの清掃などを担える人、発電施設の動作に関する軽作業を担える人）により、大きく異なってくることが予想される。すなわち、どの程度専門業者の作業を代替できるのか、その度合を考慮する必要があると考えられた。そこで、ここで定めた想定と前章の総WTWを用い、謝礼単価ごとに、ボランティアの作業能力（専門業者における正規雇用者に対する代替率）変化させる形で分析、評価することとした。

(2) 分析結果

前述の条件にて分析するにあたり、専門業者へ委託している維持管理費用については、小水力発電部門の対事業所サービスが該当すると考えた。よって、ボランティアの協力時間数とその作業能力（正規作業員との代替率）の関係により、対事業所サービスの金額が減少するとともに、営業余剰が増加することとなる。また、有償ボランティア導入時は、新たに謝礼の支払が生じることとなる。これについては小水力発電部門の雇用者所得を増加させ、その増加分を営業余剰から差し引いた。したがって、本研究におけるボランティア導入による経済効果は、ボランティア導入前後の小水力発電部門の営業余剰の変化額（他費目充当可能額の有無）を指す。その結果は、図-1に示すとおりである。

この図では、縦軸に他費目充当可能額をとっている。この値が正值となれば、ボランティア導入時の方が、未導入時よりも営業余剰が増加したことを意味する。すなわち、他費目充当可能額が存在することとなる。一方、負値となれば、ボランティア導入時の方が、未導入時よりも営業余剰が減少したことを意味する。したがって、

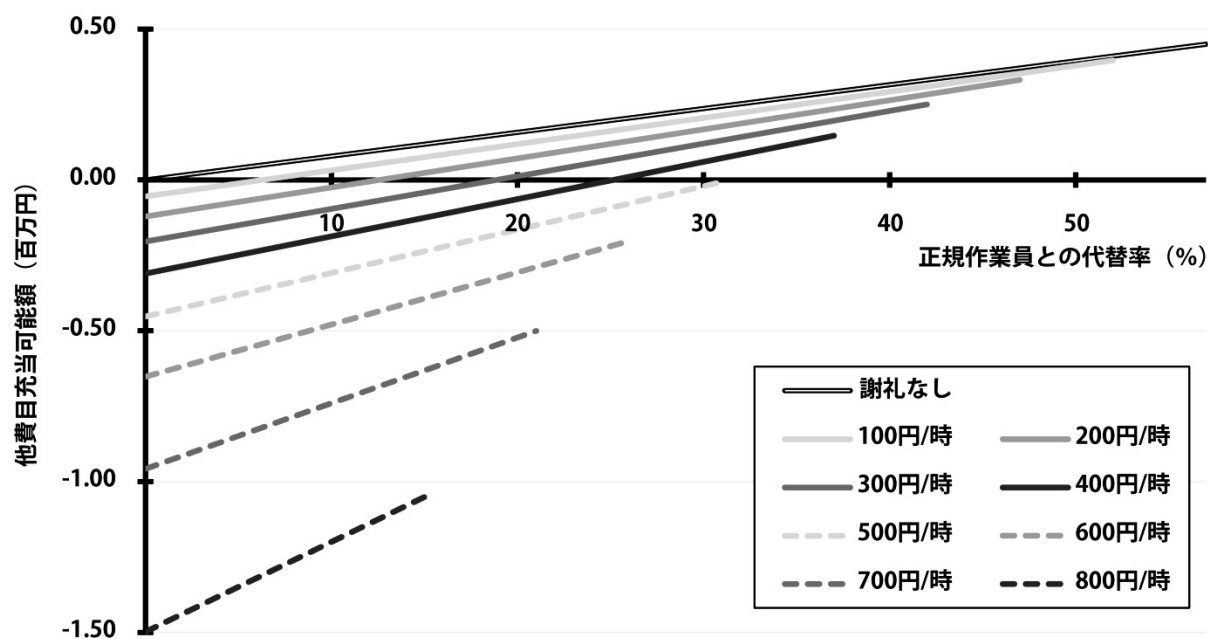


図-1 ボランティア導入前後の小水力発電部門の営業余剰の変化額（他費目充当可能額）

他費目充当可能額は存在しないこととなる。また、横軸には正規作業員との代替率をとっている。これまで専門業者へ委託していた作業が、ボランティアの作業能力の向上に応じて次第に減少していく、すなわちこの値が増加していくこととなる。これに付随して、小水力発電部門の「対事業所サービス」の金額（45.74 万円）も減少していくこととなる。しかし、ボランティアの作業能力が一定以上となると、この額を超過するケースが生じる。これは、これまで委託していた作業量の超過、すなわち必要な仕事量以上の奉仕労働量があることを指している。事業実施上、余剰人員を生じさせることは好ましい状況とは考えにくい。今回の分析では、正規作業員との代替率については、対事業所サービスの値が負値となる直前（図-1 における謝礼単価ごとの直線の終端部）にて打ち切ることとした。実際の事業実施にあたっては、もしこの上限以降の能力がある人々が集まった場合、協力者 1 人当たりの時間数あるいは協力者の人数を減らす対応が必要となることに留意されたい。

上記の内容について、謝礼単価 400 円/時（黒色の直線）のケースを例に解説する。正規作業員との代替率が 0% のときは、専門業者への維持管理費用と、ボランティアへの謝礼の両方の支払いがあるため、ボランティア未導入時よりも営業余剰が減少し、他費目充当可能額は負値、すなわち存在しないことが読み取れる。ここから代替率の上昇に従い、専門業者へ支払う維持管理費用が減少する一方、営業余剰が増加傾向を示すようになり、代替率が約 26% 以上になると、他費目充当可能額が正值に転じることが読み取れる。最終的に、代替率 38% にて小水力発電部門の「対事業所サービス」の金額を超過

表-6 他費目充当可能額が生じる作業代替率

謝礼単価（円/時）	正規作業員との代替率（%） 〈ボランティアの作業能力〉
0	1 ～ 57
100	7 ～ 52
200	13 ～ 47
300	19 ～ 42
400	26 ～ 37

過し、余剰人員が生じる。よって、他費目充当可能額が生じる適正な代替率は、26～37%の範囲となる。

分析結果より、無償ボランティアを導入した場合は、ボランティア未導入時よりも営業余剰が常に増加するため、図-1 に示したとおり代替率の上限まで常に他費目充当可能額が発生し、最大約 44 万円生じることがわかる。一方、有償ボランティアを導入した場合は、謝礼単価 100 円/時～400 円/時のケースでは、ある代替率を超えたところから、ボランティア未導入時よりも営業余剰が常に増加し、他費目充当可能額が生じてくる。ところが、謝礼単価が 500 円/時～800 円/時のケースでは、図-1 に示すとおり代替率が上限まで達しても、ボランティア未導入時の営業余剰を下回り、他費目充当可能額が生じないことがわかる。よって、ボランティアを活用した場合に効果が期待される謝礼単価、正規作業員との代替率は、表-6 に示す範囲と考えられる。

したがって、温暖化防止と地域経済活性化の両立を目指す小水力発電事業の実施は、無償、もしくは参加の動機づけとして少額（お茶や軽食が購入できる程度）の謝

礼を支払う有償ボランティアを導入することにより、その効果が期待されることが示唆された。

なお、実際の事業を実施するにあたっては、想定する地域の住民の動向や、事業の規模等によっては、本研究で得られたような効果が期待できないケースが存在することも考えられる。そのため、適切な時期に様々な条件を設定して試算を行うことが望ましい。

5. まとめ

本研究では、地域小水力発電事業へ住民ボランティアを活用することがもたらす経済効果について、アンケート調査のデータをもとに、仮想市場評価法の評価指標とされる支払意思額に代わるものとして提案された奉仕労働量に基づく分析により、各種属性を考慮したうえで、地域小水力発電事業への奉仕労働量の算出を行った。そのうえで、産業連関分析の手法を活用して IO-WTW 連携分析を行い、その経済効果を算出することにより、事業の実現可能性の検討および評価を行った。

その結果、無償、もしくは参加の動機づけとして営業余剰から少額の謝礼を支払う有償ボランティアを導入するケースでは、ボランティアの能力に応じて、ボランティア未導入時よりも営業余剰が増加する結果が得られ、その効果が期待されることが示唆された。また、謝礼額が一定以上となると、ボランティア未導入時よりも営業余剰が減少する結果となり、効果が望めなくことが示唆された。そのため、事業実施にあたっては、適切な時期、条件にて試算を行うことが望ましいと考えられた。

本研究の結果から、ボランティア導入により維持管理費が削減でき、その結果事業の営業余剰が増加するケースが存在することがわかった。この際、ボランティア未導入の時点での事業の採算性が良好である事業を想定したが、本研究にて得られた結果を踏まえれば、ボランティア未導入の時点で事業の採算性が良好でない事業においても、工夫次第では採算がとれ、さらに営業余剰が生じるケースが存在してくることも考えられる。すなわち、例えば自然資源のポテンシャルがそれほど大きくない地

域においての事業化などが期待されると考えられる。このような事業についても、今後検討したい。

謝辞： 本研究は、環境省の『第Ⅱ期 環境経済の政策研究』（研究課題：低炭素地域づくりに資する温暖化対策の地域経済への影響・効果の把握、統合的評価、及び環境経済政策への反映に関する研究、代表者：大野栄治）の成果の一部である。なお、中澤純治氏（高知大学）には、分析のもととなる長野県飯田市産業連関表を提供していただいた。ここに記して、謝意を表したい。

参考文献

- 1) 大野栄治，中谷隼，松本明，石川良文，森龍太：住民参加型小水力発電事業の経済評価と住民参加のシミュレーション分析，土木計画学研究・講演集 CD-ROM, Vol.50, pp.1-6, 2014.
- 2) 厚生労働省 長野労働局：長野県最低賃金（平成 26 年），http://nagano-roudoukyoku.jsite.mhlw.go.jp/hourei_seido_tetsuzuki/_72132/_72133/_72200/joken-saitin_h22.html.（2015 年 6 月 29 日閲覧）
- 3) 長野県：平成 22 年 長野県統計書，2013.
- 4) 厚生労働省：平成 24 年賃金構造基本統計調査（全国）結果の概況，<http://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/chingin/kouzou/z2012/>.（2015 年 6 月 29 日閲覧）
- 5) 大野栄治，石川良文，中澤純治，中谷隼，森田学，松本明，霜浦森平：平成 26 年度 環境経済の政策研究（低炭素地域づくりに資する温暖化対策の地域経済への影響・効果の把握，統合的評価，及び環境経済政策への反映に関する研究）最終研究報告書，2015.
- 6) (財)新エネルギー財団：ハイドロバレー計画ガイドブック，2005.
- 7) (株)エックス都市研究所，アジア航測(株)，パシフィックコンサルタンツ(株)，伊藤忠テクノソリューションズ(株)：環境省委託事業『平成 22 年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書』，2011.