

秋田高専におけるエネルギー使用状況に関する検討

寺本 尚史・福田 太一朗*・三浦 悠輔**・井上 誠・増田 周平・野澤 正和

Evaluation of the energy consumption in the Akita National College of Technology

Naofumi TERAMOTO, Taichirou FUKUDA*, Yusuke MIURA**, Makoto INOUE,

Shuhei MASUDA and Masakazu NOZAWA

(平成 26 年 12 月 日受理)

In this paper, we describe the usage of energy consumption and the measurement of the air temperature of the classroom in Akita National College of Technology. In the college, electricity, water, gas and heavy oil are used as an energy source. The electricity is used for lighting, and gas and heavy oil consumption used for air conditioner. The gas is used for air conditioning of Laboratory and office. The heavy oil is used for heating in the big scale room such as classroom and experimental laboratory. After surveying the usage of each energy consumption, we measured the air temperature in the winter season of the classroom to concern about an effective energy reduction plan. On the result of the investigation, it became clear that the reduction of power consumption is already enough however, the possibility of being reducing of heavy oil consumption, which is used for heating in the winter season of the classroom, is shown by avoiding an excessive heating in the daytime.

1. はじめに

本学では CO₂ 排出量の削減を目標に、電気・ガス・水道等の使用量の削減に取り組んでいるのは周知の通りであり、近年の電力供給の逼迫化、エネルギー価格の上昇等からも、省エネルギーに対する取り組みは今後ますます重要となっていくと思われる。

平成 25 年度にはエネルギーの使用の合理化に関する法律(いわゆる省エネ法)が改正され、ある一定規模以上の工場、建築物等は、エネルギー使用の合理化に関する所要の措置に加え、新たに電気の需要の平準化に関する所要の措置を講ずることが求められるようになった¹⁾。また、政府は地球温暖化の原因となる CO₂ を削減する事を目的として、夏のエアコンの温度設定を 28℃、暖房時のオフィスの室温を 20℃ (政府は 19℃) とする取り組みを平成 17 年度より始めており、現在では他の電気製品の使い方の見直しによる節電を呼びかけるなど、様々な省エネ対策を行っている。

一方で、過度な空調・照明の抑制は、体調不良や



写真 1 ガスヒートポンプ室外機



写真 2 スチーム暖房機(ラジエーター)

*秋田高専本科学学生

**秋田高専卒業生(現：東芝エレベータ(株))

勉強・労働環境の悪化による効率低下などを生む恐れもある。小林・田辺らによるコールセンターを対象とした研究²⁾によると、夏期の設定温度を 25℃から 1℃上げると労働効率が 2.1%低下するという結果が得られ、人件費等の費用を含めると、過度の省エネは逆に必要経費を増やすという指摘もなされている。そのため、省エネルギーを推進すると同時に、学習・労働環境の改善も併せて行っていく必要があると思われる。

本研究では、まず本校における 2012 年度における電気、ガス、水道および重油の使用状況について検討する。次に 2013 年度の冬期に行った教室内の温度測定データを計測・分析し、効果が比較的大きいエネルギー源の特定および効率的な削減方法の検討を行う。

2. 秋田高専のエネルギー使用量の状況

2.1. エネルギー別の使用状況

秋田高専では主に電気、ガス、水道および重油をエネルギーとして使用している。電気は照明、OA 機器、エレベータ等で使用し、ガスは研究室などの空調でガスヒートポンプ(以下 GHP)の動力源として使用されている。GHP とは、室外機(写真 1)にあるガスエンジンでコンプレッサを駆動し、ヒートポンプサイクルによって、冷暖房を行うシステムである。暖房を行う場合、一般的に GHP による暖房システムを用いると、ガストーブなどの単純にガスを燃焼させて暖房を行うよりも遙かに少ないエネルギーで暖房を行うことが可能である。

また重油は、教室や実験室などの広い部屋や寮などのスチーム暖房(写真 2)に使用されており、敷地内のボイラー室内に設置されているボイラー(写真 3)で水を温めて蒸気を発生させ、その熱をスチーム(蒸気)配管(写真 4)を通じて各建物に送り、各部屋にある放熱器(ラジエーター)で熱を放出することにより暖房を行うものである。なおスチーム配管は、高学年棟や物質工学棟など建物毎に配管されており、各配管に設けられている栓の開閉により、建物毎に暖房を行う時間帯を調整することが可能である。またボイラーは計 2 機設置されており、戻ってくるスチームの状態によってボイラーの稼働数および出力を調整している。通常、授業開始前は高出力となる場合が多く、外気温や部屋の放熱器の稼働率によりボイラーの出力も変動することになる。



写真 3 ボイラー



写真 4 スチーム配管(ボイラー室内)

表 1 全国の国立高専(55 校)中の秋田高専の順位
(2012 年度)

エネルギー種別	順位
電気使用量	51 位
ガス使用量	15 位
液体燃料使用量	6 位
水道使用量	55 位
CO ₂ 排出量	18 位

ここで、GHP による空調システムおよびスチーム暖房は、それぞれ「個別方式」、「中央方式」と呼ばれる。個別方式は各部屋の使用時間帯が異なる場合、中央方式は使用時間帯がほぼ同じ場合に適した空調方式であり、学校施設の場合、教室は中央方式、特別教室や研究室などは個別方式を取るのが一般的である。

次に、秋田高専が全国の高専と比べ、どれ程エネルギーを使用しているかの相対的な順位を、表 1 に示す。これを見ると、秋田高専は他の高専に比べて電気(55 校中 51 位)および水道(同 55 位)の使用量が

秋田高専におけるエネルギー使用状況に関する検討

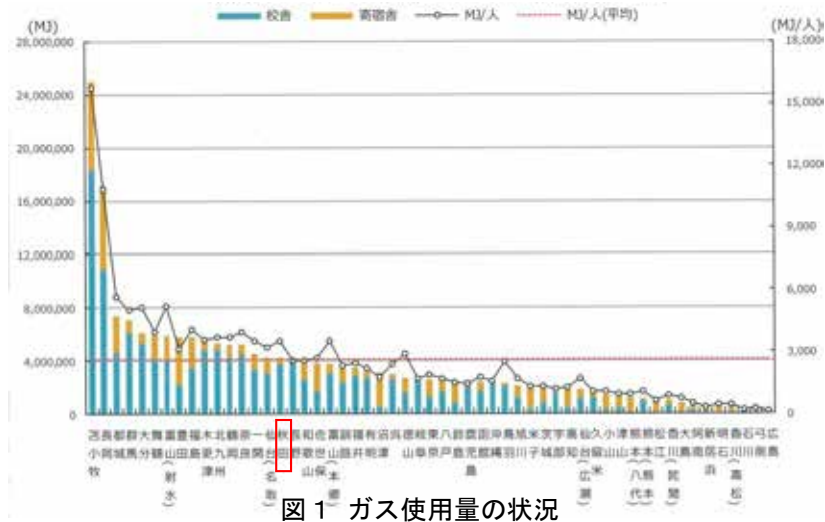


図1 ガス使用量の状況



図2 液体燃料使用量の状況



図3 CO2排出量の状況

少なくなっており、これまでの省エネルギー対策が既に十分な効果を発揮していることが分かる。

一方、ガス(同 15 位)、液体燃料(重油)(同 6 位)の使用量が多くなっており、CO₂の排出量についても 18 位と他の高専に比べ想定的に高い順位となっている。

ここで、ガス、液体燃料および CO₂ 排出量の全国の高専の使用状況を図 1、図 2 および図 3 に示す。図中では、使用量が多い順に並んでおり、秋田高専の位置を赤線で示している。ガスの使用量(図 1)を見ると、1 位苫小牧(秋田の使用量の約 5 倍)、2 位長岡(同約 3 倍)と、両高専が突出して多くなっており、3 位の都城(同 2 倍弱)以下と大きな差が開いている。

液体燃料(図 2)については、秋田が全体で 6 位となっており、使用量も下位高専と比べて多くなっている。しかし上位 9 位が全て東北・北海道地域の高専となっていることから、上位の高専は省エネルギー対策が不十分であると言うよりは、冬期における気候条件が使用量に大きく影響していると思われる。

CO₂の排出量(図 3)についても秋田は 18 位と上位に来ているが、使用エネルギー別に排出量を見てみると、電気・ガスによる排出量は約 750,000kg・CO₂と、全体の中では低い値に止まっている。つまり、秋田高専の順位が上位である大きな要因として、液体燃料による CO₂ 排出量が多いことが挙げられる。

2.2 エネルギー使用量と平均気温の関係

図 4 に秋田高専 2012 年度の月別の使用料金を示す。図を見ると、主に照明に使用される電気および水道は、一年を通して使用量がほぼ一定となっているのに対し、主に冷暖房に使われるガスは夏季と冬季に使用量が増加し、主に暖房に使用される重油は冬期に大幅に増加している事がわかる。

月別使用料金が最も高くなる 2 月の使用料金を見ると、重油の使用料金が全体の約 6 割を占めており、CO₂ 排出量およびエネルギー使用料金の両面において、重油が大きなウェートを占めていることが分かった。

ここで、ガス、重油および電気の月別使用量と、月別平均気温の関係を、図 5、図 6 および図 7 に示す。ガス(図 5)の場合、ガスの月別使用量は平均気温が 15~20℃の時に最も低くなり、それよりも平均気温が低く、あるいは高くなると、その変動量に比例して使用量が増加する傾向が見られた。また重油(図 6)については、平均気温が 15℃を下回ると気温の低

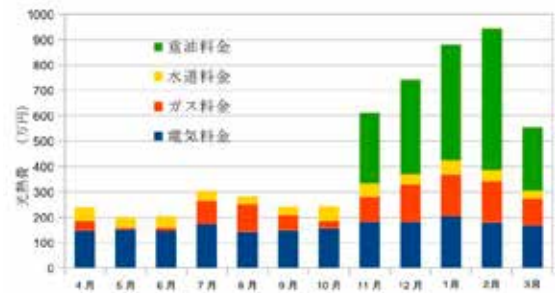


図 4 秋田高専における月別のエネルギー使用料金 (2012 年度)

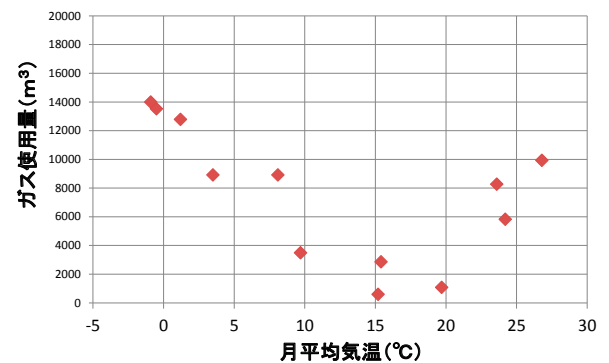


図 5 ガス使用量と月平均気温の関係 (2012 年度)

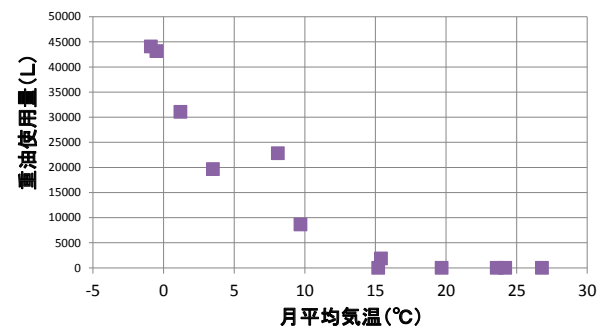


図 6 重油使用量と月平均気温の関係 (2012 年度)

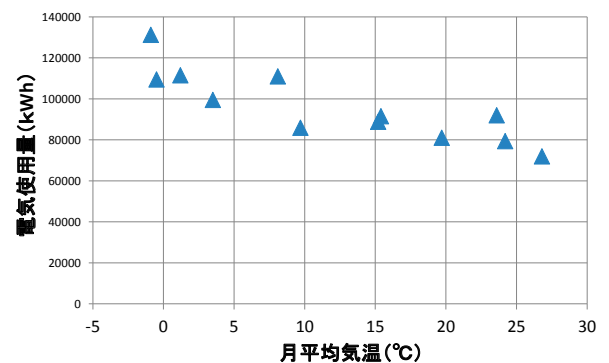


図 7 電気使用量と月平均気温の関係 (2012 年度)

下に比例して使用量が増加した。これは、ガスが冬期の暖房に加え夏期の冷房にも使用されているのに対し、重油は冬期の暖房のみに使用されていることが原因であり、ガス・重油のいずれの使用量も平均気温に大きな影響を受けることが分かった。

一方、電気(図 7)の場合は照明等での使用が主であるため、平均気温との関係は見られないのではないかと予想されたが、ガス・重油ほど極端ではないものの、平均気温が低くなるのに比例して使用量が増加する傾向が見られた。これは、日照時間が平均気温の低い冬期の方が短く、照明時間が長くなることや、卒業研究などで、日中に学生が研究室にいる時間が冬期の方が長くなる事などが影響していると考えられる。

表 2 に各エネルギー使用量と平均気温との相関係数を示す。なお、ガスおよび重油については、平均気温が 16℃以上(6 月～9 月)を夏期、16℃未満(11 月～5 月)を冬期として、別々に相関係数を算出した(重油については冬期のみ算出)。ここで、相関係数が正の場合は正の相関、負の場合は負の相関があることを示しており、いずれも絶対値が 1.0 に近いほど両者の相関性が高いことを示している。

各エネルギー使用量の相関性を見ると、ガス(夏期・冬期)、重油(冬期)の使用量はいずれも相関係数の絶対値が 0.9 を上回っており、平均気温との間に非常に強い相関関係があることが示された。また、電気の相関係数についても -0.859 となっており、ガスや重油よりは劣るものの、平均気温と負の方向に相関があることが分かった。一方、水道の相関係数は -0.500 に止まっており、あまり相関関係は見られない結果となった。

3. 教室の温度測定

3.1. 温度測定計画の概要

次に、低学年棟および高学年棟の教室における冬期間の室内の気温を計測することを目的に、温湿度データロガーを設置し、測定を行った。設置場所は低学年棟の 1～3 年生および高学年棟の 4・5 年生の全学科の計 20 教室とし、教室の中央部に位置する机の前脚部の幕板下部付近にビニールテープにより固定した。測定器の設置状況を写真 5 に示す。なお、教室内の温度のばらつきを確認するため、3B および 4B 教室には、教室中央部に加え、4 隅部に位置する机にも同様に計測器を設置した。

表 2 各エネルギー使用量と平均気温の相関係数
(2012 年度)

エネルギー種別		相関係数
電気		-0.859
重油	冬期	-0.936
ガス	夏期	0.935
	冬期	-0.961
水道		-0.500



写真 5 測定器の設置状況

計測期間は 2014 年 1 月 8 日から 2 月 28 日の約 2 ヶ月間とし、10 分間隔で測定した。

3.2. 測定結果

測定した気温データのうち、ここでは 4 日間のデータ(1 月 9 日、1 月 30 日、2 月 6 日および 2 月 27 日)を抽出し、検討を行った。なお、抽出した 4 日間の平均外気温はそれぞれ 1.2℃、7.4℃、-4.5℃および 11.9℃となっている。

2C 教室および 4B 教室における室内気温の時刻歴を図 8 および図 9 に示す。異なる 4 日間の気温の推移を比較すると、2C、4B いずれも 1 月 9 日の 8 時以前および 17 時以降の気温が他の 3 日間と比べると低くなっているものの、授業時間帯の気温の上昇・下降の傾向に違いはほとんど見られず、4B の場合、気温自体の差もあまり見られなかった。またいずれの教室の場合も、気温のピークは 12 時頃となり、その後、上下しながら徐々に低下する傾向を示した。最高気温は 2C が 27℃、4B が 25℃となっており、他の教室も含め、総じて高学年棟の方が最高気温は低い傾向を示した。

次に 3B および 4B 教室における教室内の温度分布状況を図 10 および図 11 に示す。ここで、図中に示す温度計の設置位置は、左・右および前・奥の組

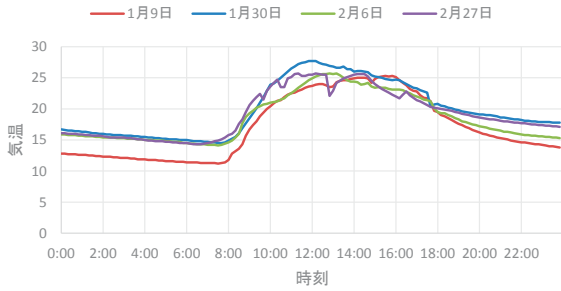


図8 低学年棟(2C教室)の気温の日別比較

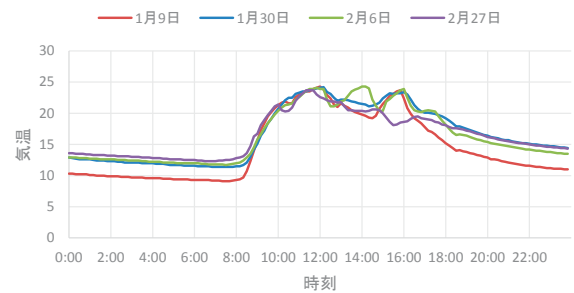


図9 高学年棟(4B教室)の気温の日別比較

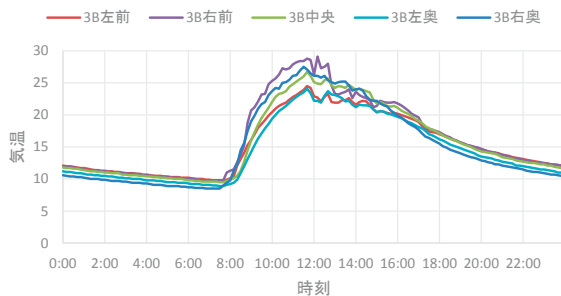


図10 低学年棟(3B教室)の気温のばらつき

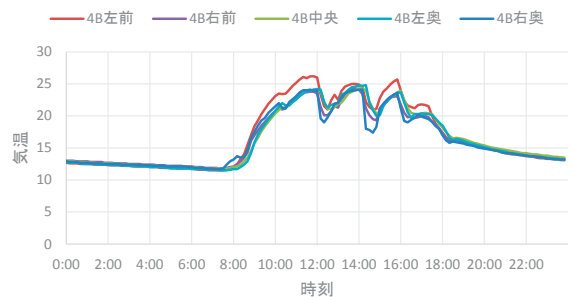


図11 高学年棟(4B教室)の気温のばらつき

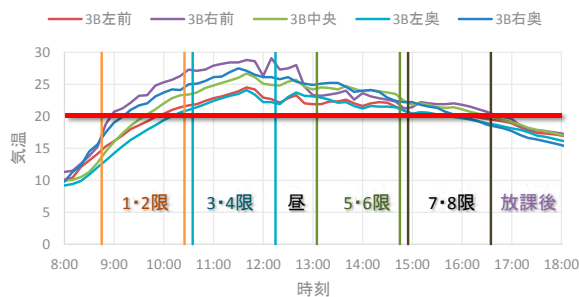


図12 低学年棟(3B教室)の時限別気温推移

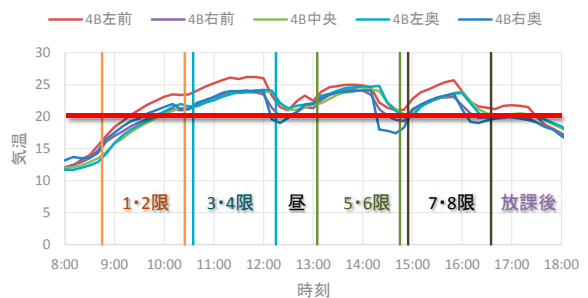


図13 高学年棟(4B教室)の時限別気温推移

み合わせで表しており、左・右はそれぞれ黒板に向かって左側(窓側)・右側(廊下側)を表し、前・奥については、前が黒板側、奥が黒板の反対側を表している。ここでは、いずれも2月6日の測定データと比較した。

3B教室(図10)の場合、8時から16時の暖房期間中の室内気温には全体的にばらつきが見られ、全般的に右前隅部の気温が高く、窓側である左前隅部および左奥隅部の気温が低くなる傾向を示した。これは断熱性の低い窓から熱が逃げ、全般的に窓側の気温が低くなっているためだと思われる。なお最高気温は右前隅部で29℃、左側で24℃程度となった。

一方4B教室(図11)の場合、教室における気温のばらつきはあまり見られなかったが、左前隅部のみ他の場所よりも最大で1℃程度、高い傾向を示した。これは、高学年棟の場合、窓側に暖房用の放熱器が並んでおり、左前隅部の温度計の設置位置が放熱器に近かったことが原因と思われる。なお最高気温は

表3 建物各階における平均気温(12時時点)

	1月9日	1月30日	2月6日	2月27日
低学年棟2階	24.3	26.3	25.1	25.9
低学年棟3階	24.3	26.9	24.9	24.9
低学年棟4階	23.5	27.2	24.5	23.1
高学年棟1階	25.5	24.4	19.2	22.8
高学年棟2階	22.2	23.4	※	20.0
高学年棟3階	22.6	24.0	23.5	22.4
研究室	※	18.8	18.2	20.5
外気温	1.2	7.4	-4.5	11.9

左前隅部で26℃、それ以外で25℃となった。

次に図10および図11で示した気温の推移状況に、授業時間の区切りおよび気温20℃の位置に赤線を加えたものを、図12および図13に示す。いずれの場合も、1・2限(8:45-10:25)の途中で部屋の温度計は20℃を超え、3・4限(10:35-12:15)の間はほぼ全ての時間帯において20℃以上で推移した。なお、4B教

室(図 13)に関しては、12 時を過ぎたあたりで急激に気温が低下しているが、これは部屋が暑すぎたため、授業途中で窓やドアを開けるなどしたためだと考えられる。

授業の途中で気温が急に下がる現象は、3・4 限以外でも 5・6 限(13:05–14:45)および 7・8 限(14:55–16:35)においても見られることから、3・4 限以降のいずれの授業においても、学生および教員が室内を暑すぎると感じる状態、すなわち過剰に暖房をしている状態となっていたのではないかとと思われる。

また、いずれの授業時間においても中央部の気温が 20℃付近になると気温の低下が止まる傾向が見られたが、これは 20℃付近で室内の気温が十分に低下したと判断し、窓やドアを閉めたからではないかと思われる。これらの結果から、教室中央部の気温が 20℃程度となる室温状態を維持できれば、室内の気温を学生や教員が暑すぎると感じずに済み、暖房のロスを防ぐことが可能であると考えられる。

建物各階の 12 時における平均気温を表 3 に示す。比較のため教室の他に、GHP による空調を行っている T 研究室(環境都市工学科棟 2 階)および外気温も併せて示す。ここで、表中の※印の部分は、データの欠損のためデータが得られなかったことを示している。

建物各階の平均気温を比較すると、高学年棟と比べて全般的に低学年棟の方が気温は高めとなっており、低学年棟 4 階では 27℃に達する日もあるなど、総じて気温が高くなる傾向が見られた。

また各階の平均気温のばらつきについては、高学年棟では低学年棟と比べると各階でばらつきが見られる日があるものの、常にある階の平均気温が高くなるといった傾向は見られなかった。

3.3. 秋田高専に適したエネルギー使用量の削減策の検討

2.1「エネルギー別の使用状況」および 2.2「エネルギー使用量と平均気温の関係」でも述べた通り、秋田高専の場合、電気・ガスによる CO₂排出量は全国の高専の排出量と比べて低い値に止まっているものの、液体燃料による CO₂排出量が多い結果、全国の高専の中の順位が 18 位と上位に位置していることや、2 月の使用料金を見ると、重油の使用料金が全体の約 6 割を占めていることなどから、CO₂排出量およびエネルギー使用料金の両面において、重油が大きなウェイトを占めていることが分かった。これらの結果より、重油の使用量削減の検討が、秋田高専の現状に適したエネルギー削減策となると思われる。

また、3.2「測定結果」で述べたように、低学年棟および高学年棟のいずれにおいても 3・4 限以降、教室内部が必要以上に暖められていると思われることや、

教室の中央部で 20℃付近であれば室内の学生や教員が暑すぎると感じずに済むと考えられる。こうしたことから、教室の目標温度を 20℃前後とし、目標温度に達した 3・4 限以降の授業では暖房の出力量を抑え、20℃を大きく上回ることはないよう気温調整を図る事ができるかどうか、教室内部の暖房のロスを防ぎ、重油の使用量を削減する大きなポイントとなると言える。

4. まとめ

本研究では、秋田高専の 2012 年度におけるエネルギーの月別使用量および全国の高専との比較を基に、秋田高専において電気、ガス、重油などのエネルギー源がそれぞれの程度効率的に使用されているのか検討を行った。その結果、電気は全国の高専と比べ使用量は多いとは言えず、既に十分な省エネルギー策が実行されていることが確認できた。

また、教室の冬期暖房に使用されている重油については、(1)使用量および CO₂発生源に占める割合が高く、使用量の削減による省エネルギー効果が他のエネルギー源と比べ高いと思われること、(2)冬期における教室内部の気温を測定した結果、室内の最高気温が 25℃を上回る場合が多いことから、目標温度を設定し、室内気温が暑くなる前に出力の調整を行うことにより、室内の快適性を損なうことなく重油の使用量削減を行うことが可能であることが分かった。

謝辞

本研究は秋田高専プロジェクト研究の助成を受け行いました。また本論をまとめるにあたり、本学の施設担当職員に多くの助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) “エネルギーの使用の合理化等に関する法律 省エネ法の概要”，経済産業省・資源エネルギー庁，(2014.2)
- 2) 小林弘造，北村規明，田辺新一，西原直枝ほか “コールセンターの室内環境が知的生産性に与える影響”，空気調和・衛生工学会学術講演大会 論文集(2005.5.9～11)，pp.2053～2056 (2005.8)
- 3) “独立行政法人国立高等専門学校機構「施設白書 2012」”，独立行政法人国立高等専門学校機構本部，pp.68～118 (2012.10)

