

1.3 大学における実験機器・設備のエネルギー消費 実態と削減可能性について ～京都大学薬学研究科における調査をもとに～

京都大学環境科学センター

浅利 美鈴、福島 脩、矢野 順也、酒井 伸一

A. はじめに

サステナブルキャンパスの実現に向けた大きな課題の一つは、研究活動・クオリティを維持しながら、エネルギー削減に取り組めるか否かであろう。これまで京都大学で試みられた省エネ対策では、全構成員に関わる行動（PC利用や講義室利用など）や、研究室や居室におけるデスクワークが主たる対象であった。「京都大学環境配慮行動マニュアル～研究室脱温暖化編～」では、個々人や研究室の心がけにより約1割、機器更新の際に省エネタイプの機器を選ぶことによりさらに約1割が削減可能であるとの見通しを立てた^[1-2]。また「携帯版エコ宣言」^[3]では、学部生から教職員まで全構成員が実施できる10の携帯版エコ宣言（環境配慮行動）を実施することで、構成員一人あたり177 kg-CO₂/年人、大学全体では約6,000 t-CO₂/年の削減ポテンシャルがあるとしている。これは2012年度の4.2%の削減に相当する。

しかし、環境負荷が大きく重要なターゲットと考えられる実験機器や設備への全学的な取り組みには

踏み込めていなかった。主要な研究科の消費電力総量と建物延べ床面積あたりの消費電力量をみると（図1）^[4]、理系が文系よりも明らかに大きく、実験機器・設備の負荷の高さが伺え、この省エネ対策は必須と考えられる。

理系の研究科のひとつである京都大学薬学研究科（以降、薬学研究科と呼ぶ）では、建物延べ床面積あたりの消費電力量は350 kWh/m²・年であり、京都大学の全体平均180 kWh/m²・年を大きく上回っている^[5]。しかし多くの他研究科同様、薬学研究科においても、実験機器・設備のエネルギー使用実態が正確に分かっておらず、有効な省エネ対策も立てられていない。薬学研究科での使用実態把握と削減可能性推定ができれば、他研究科や他大学への応用も可能な重要な知見となるであろう。

以上のことから、京都大学全体の代表的な実験機器・設備の省エネポテンシャルを推定することを目的として、薬学研究科を対象にヒアリング及び実測調査を行い、実験機器・設備の使用実態把握と削減可能性の推定を行った。

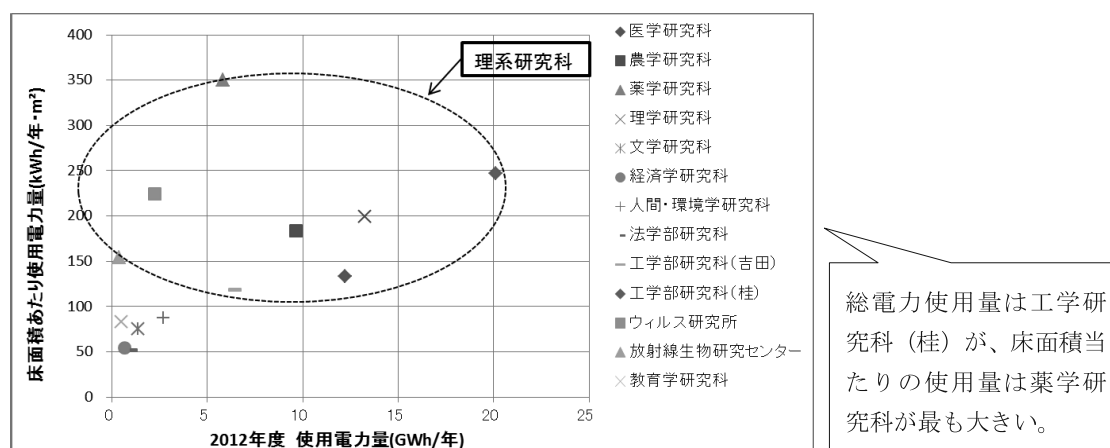


図1 部局・研究科別消費電力量と床面積あたりの使用量

B. 実験機器・設備に関する使用実態ヒアリング調査と実測調査

a. 研究方法

1. ヒアリング調査

2013年6月27日および7月9日、薬学研究科の2研究室においてヒアリング調査を実施した。研究室の選定にあたり、まず薬学研究科の財産目録^{図4}から実験機器を抽出し、名称により分類した。点数の多い上位18機器およびエネルギー消費量の多い2機器について、機器種類のカバー率とそれぞれの機器数が多い研究室を抽出し、そのうち2研究室（以下、研究室A、研究室Bとする）に協力を依頼した。

研究室A・Bの概要は表1の通りである。

各研究室の全ての実験機器を対象に、機器をひとつひとつ目視で確認しながら、使用実態や省エネ可能性について研究室の先生方に質問をした（図2）。また、調査対象機器のリストになかった機器についても、現場で確認した場合には調査対象に追加した。実験機器の多くは、研究室が所有するカタログ等には定格電力等の記載がなかったことから、メール等によるメーカーへのヒアリングも行った。機器の定格消費電力のほか、省エネにつながる運転、操作方法についても尋ねた。29社のメーカーに対し63台の機器についてヒアリングを行ったところ、28社のメーカーから61台の機器について回答を得た。

表1 ヒアリング対象研究室概要

	研究室A	研究室B
構成員人数※	24	31
部屋床面積（m ² ）	269	261
調査対象機器資産登録数	129	364
研究内容	生物系薬学	物理系薬学
主要ヒアリング日	2013/6/27	2013/7/9
備考	特殊空調の培養室が研究室内にある	

※対象は、所属する教員、研究員、大学院生、学部生である。

- ・ 使用目的
- ・ 定格消費電力
- ・ 電力消費の特徴（常に定格消費電力を消費する／最大消費電力と最小消費電力の間を行ったり来たりする／最大消費電力と最小消費電力の間の一定の電力を消費する）
- ・ 使用時間
- ・ 使用頻度
- ・ 使い方（電源を切れるかどうか／あわせて使用する機器はあるか、など）
- ・ 省エネ活動（温度設定を適切に行っているか／電源を切れる時間には切っているか／ファームアップやクールダウンを短縮しているか／実験手順を効率化して運転時間の短縮を行っているか／共有化・集約化を行っているか／不要なものを取り除く（特に冷蔵庫等）等しているか／デマンドピーク時を避けて運転することは可能か、など）
- ・ エネルギー削減の余地がないと回答された場合、その理由

図2 ヒアリング項目の例

2. 実験室・設備の消費電力量実測調査

薬学研究科における実験室・設備の消費電力量を計測した。計測対象は、ヒアリング調査対象とした2研究室の実験室電灯盤の2か所と、研究室A内の培養室に加え、それらの研究室とは別の地下にある質量分析室、NMR室の3か所の特殊空調機器・設備、超低温冷凍庫の合計6か所である（表2）。なお、ここで特殊空調機器・設備とは、おもに恒温室、恒温恒湿室、クリーンルーム等に用いられる空調方式である。空気を冷凍機で冷却し、冷却後設定温度までヒーターで加熱するという方法で温度を調節するものが多く、その場合、消費電力量が非常に大きくなる。

調査期間は2013年11月8日から2014年1月27日まで、超低温冷凍庫についてのみ2013年12月20日から2014年1月27日まで行った。ただし、電源等の事情で一時的に測定が途切れた期間もあった。実験室と特殊空調は1時間平均電流値を、超低温冷凍庫は1分間平均電流値を計測した。

表2 実測調査の測定範囲

測定箇所	測定範囲	非測定範囲
研究室A	実験室内の三相を除く全ての機器、三相の冷凍庫1台	照明、空調、換気扇
研究室B	実験室内の三相を除く全ての機器	空調、ドラフトチャンバーの排気、照明、換気扇
研究室A内の培養室	培養室の空調	室内の機器、照明
NMR室および質量分析室	空調	室内の機器、照明、排気ファン

3. 実験機器・設備の消費電力量推定方法

まず2研究室について、ヒアリング調査結果をもとに機器ごとの年間使用時間を算出した。それに定格消費電力をかけて、一部は後述する補正（定格電力への補正率の乗算）を行い、年間消費電力量を推定した。

研究室A・Bで最も多くを占める冷蔵庫や冷凍庫、冷凍冷蔵庫、超低温冷凍機、薬用保冷库などの冷凍冷蔵機器（以降、特に断りがない場合、全般を指して、冷凍冷蔵機器と呼ぶ）については、定格電力と実際の消費電力（平均消費電力）とのギャップがあることが指摘されている。日本における定格電力は、JISにより「すべての機能を最大限に使用した場合の最大数値」と決められている。したがって定格電力（W）に使用時間（基本24時間）を乗じた値は、過大な値となってしまう。他方アメリカの機器については、カタログ上の定格消費電力として、ヒアリ

ング先のメーカーによると「消費電力（W）＝実測による1日平均消費電力（kWh/日）×1000÷24（h/日）」と定められている^⑩。この場合、使用実態等に応じて、増減するものの、実際の平均消費量に近いと考えられる。そこで、研究室A・Bについて、アメリカ製及び日本製（その他のものがあれば日本製と同じと仮定）に分けて、定格電力と平均消費電力との関係を推定することとした。

まず、アメリカ製機器については、代表的メーカーの機器（レプコ超低温槽ULT-2586-5SI）を選び、一定期間、消費電力量を計測した。その結果、1.36kWとなった。メーカー定格消費電力が1.071kWであることから、その比1.18を補正率とし、消費電力量推定において定格電力に乘じることとした。

次に、日本製等の機器は機器種や台数が多かったため、実験室の実測値（表3）を用いて次のような方法で補正率を推定することにした。なお、冷凍冷蔵機器のうち家庭用冷凍庫は年間消費電力から導出しているため補正対象外としている。

研究室Aの実測最低値が正月に計測されたため、実験活動が行われていなかったものと仮定した。ヒ

アリングにおいても、実験活動は行われていなかった可能性が高いことが確認された。研究室Bについては実験活動がない日か不明であったことから、今回は研究室Aをベースに補正率を求める。このとき、常時稼働機器

（待機電力以外では電源が切れない機器）のみが電力を消費していたと考えられる。

冷凍冷蔵機器（補正前）以外の常時稼働機器が稼働率100%であると仮定すると、補正率は次のように導出できる。

補正率＝（実測最低値－冷凍冷蔵機器（補正前）以外の常時稼働機器）

÷冷凍冷蔵機器（補正前）

この場合、 $(76.2 - 14.3) \div 98.3$ となり、0.63を補正率として用いることができる。

また、実測平均値と実測最低値の差を平均日中稼働電力とすると、2研究室の常時稼働機器以外の機器の補正率を次のように導出することができる。

補正率＝（実測平均値－実測最低値）÷常時稼働機器以外の機器（ヒアリングベースの推定値）

この場合、補正率は研究室Aで0.60、研究室Bで0.26となる。ただし、時期により使用状況が異なり、

機器種類による違いも大きいと考えられ、今後の検証が必要であるが、参考値として用いる。

表 3 実験室実測範囲の消費電力量実測／推定値 (kWh/日)

	研究室A	研究室B
実測平均値	120	104.8
実測最低値	76.2	67.5
実測平均値－実測最低値	43.8	37.3
最低値測定日	2014/1/2	2013/11/23
常時稼働機器【A】 (ヒアリングベースの推定値)	112.6	58.7
【A】のうち冷凍冷蔵機器	98.3	37.6
【A】のうち冷凍冷蔵機器以外	14.3	21.1
常時稼働機器以外の機器 (ヒアリングベースの推定値)	73.4	144.6

表 4 研究室 A・B における常時稼働機器とそれ以外の機器の台数

	研究室A	研究室B
常時稼働機器数	37	19
(その内冷凍冷蔵機器数)	(24)	(13)
常時稼働機器以外の機器数	65	167
合計	102	186

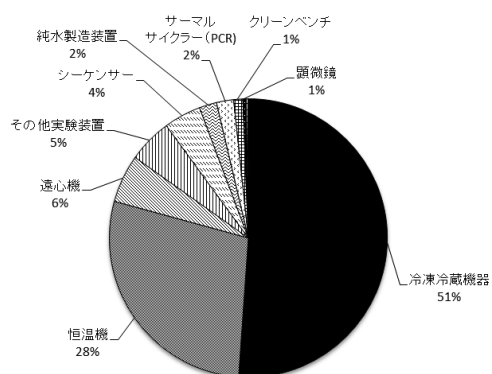


図 4 研究室 A の推定消費電力量 (補正前) (321kWh/日)

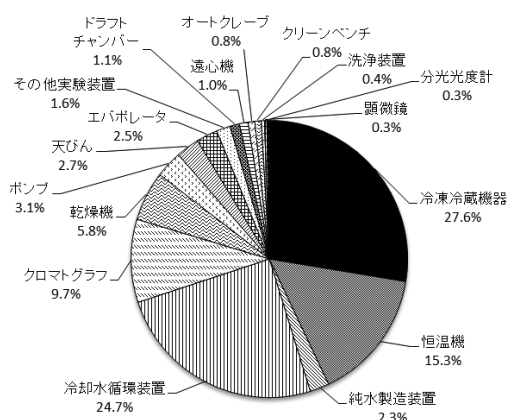


図 5 研究室 B の推定消費電力量 (補正前) (241kWh/日)

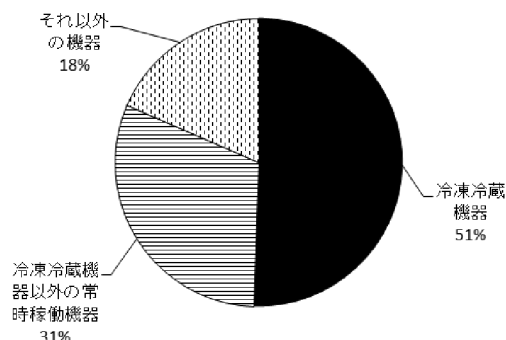


図 6 研究室 A の推定消費電力量 (補正後) (242kWh/日)

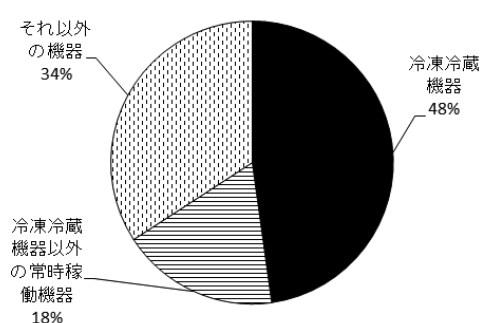


図 7 研究室 B の推定消費電力量 (補正後) (122kWh/日)

※図 6・7 は、電源を常時オンにしなければならない機器と、それ以外に分類し、定格電力に使用時間を考慮した補正率をかけて補正した値。

b. 研究結果及び考察

1. 実験機器・設備の使用実態ヒアリング調査結果

聞き取りした使用時間や定格消費電力にもとづき、各機器の電力消費量を推定した (図 4・図 5)。実験室での定格電力ベースの推定消費電力量のうち、冷凍冷蔵機器の占める割合が最も大きく、特に研究室 A では約半分を占めることが分かった^[7]。

次に、ヒアリングにもとづいて、確認した機器を電源が切れない機器 (以下、「常時稼働機器」とそれ以外に分類した (表 4)。その上で、補正率をかけて定格電力の補正をして消費電力量を推定した (図 6・図 7)。両研究室において冷凍冷蔵機器が半分程度を占めることがわかった。

2. 実験室・設備の消費電力量の計測結果

研究室 A・B における電力消費量について、ヒアリング調査の結果より、定格消費電力ベースでの実験室実測範囲の機器の推定電力消費量を推定した。そこに補正率を乗じ、補正後の推定電力消費量を求めた（表 5）。これは薬学研究科の研究室全体の消費電力傾向と同等であると考えられる。

研究室 A 内の培養室、地下の質量分析室および NMR 室の消費電力量を測定した結果から、各部屋の一日あたりの平均消費電力量（kWh/日）および床面

積あたりの一日使用量が求められた（表 6）。この時点で、研究室 A においては、培養室が研究室に比べても非常に負荷が高くなっていることがわかる。

いずれの部屋においても常時稼働状態で、ゼロに近づくことなくほぼ一定の電力消費実態であったが、研究室 A 内培養室においては 2013 年 12 月 6 日まで、NMR 室においては 2014 年 1 月 9 日まで、質量分析室においては 2014 年 1 月 20 日を境に低減した。これは、C-c で述べる通り、薬学研究科への実測結果の中間報告と省エネ対策提案を行った後に省エネ対策がなされたことによる（計測結果例：図 8、研究室 A 内の培養室）。

表 5 実験室実測範囲の機器消費電力量推定値（補正後）（kWh/日）

一日平均消費電力量（kWh/日）	研究室A	研究室B
常時稼働機器	76.2	44.8
（その内冷凍冷蔵庫）	(61.9)	(23.7)
（その内冷凍冷蔵庫以外の常時稼働機器）	(14.3)	(21.1)
常時稼働機器以外の機器	43.8	37.3
合計	120.0	82.1
【参考】実測平均値	120.0	104.8
【参考】実測最低値	76.2	67.5

表 6 薬学研究科特殊空調の対策前平均日消費電力量と床面積あたり日消費電力量

	【参考】研究室 A	研究室 A 内培養室	質量分析室	NMR 室
対策前平均消費電力量（kWh/日）	120	463.8	540.2	891.9
床面積（m ² ）	269	31	140	169
床面積当たりの一日使用量（kWh/日・m ² ）	0.4	15.0	3.9	5.3

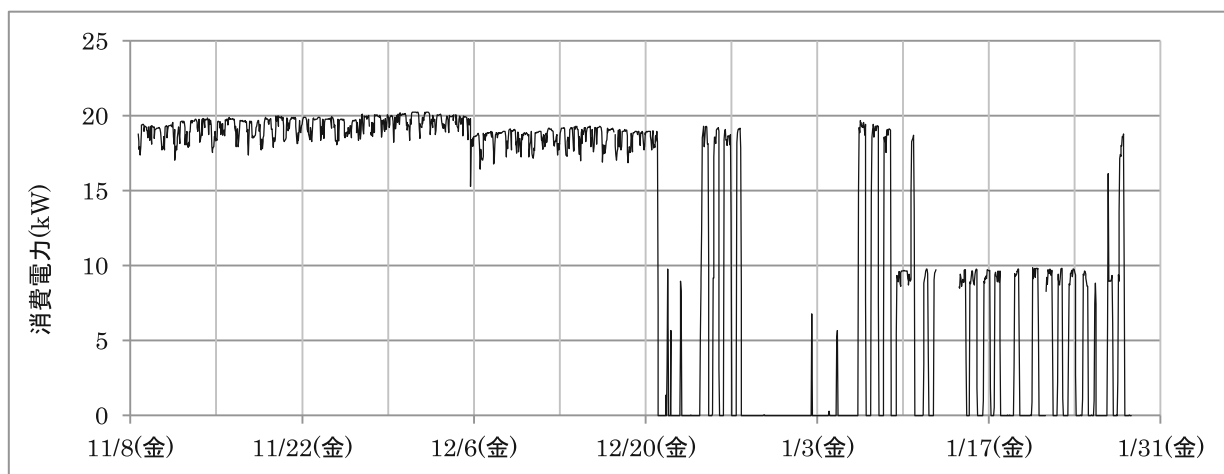


図 8 研究室 A 内培養室の消費電力量実測結果

12/6 に特殊空調の設定温度を 25℃から 22℃に変更、12/20 からは培養室使用時にのみ空調をオンにする方式に変更。年末年始には消費電力が 0 であるのがわかる。

C. 省エネ対策の調査結果

a. メーカーヒアリングの結果

機器メーカーに問い合わせたところ、省エネに関する質問（省エネとなる運転方法や講習会・プログラムの有無について）には冷凍冷蔵機器メーカーのみから回答が得られた（5社中5社）。メーカーからの回答はおもに「設定温度を上げる」、「最新機器への買い換え」、「大型容量の機器への集約化」であった。その消費電力削減効果は「設定温度を上げる」では約10～25%、「最新機器の買い換え」で約20%、「大型容量の機器への集約化」で約50%であった^{[8][9]}。実験系では、まだ十分に省エネ対応が進められておらず、今後の掘り起しが必要と考えられた。

b. 工学研究科（桂キャンパス）における対策と結果

京都大学桂キャンパス（工学研究科）では、新設時より研究室ごとの消費電力量計測が行われてきたことや、工学研究科附属環境安全衛生センター等が中心となって専門的な検討体制が構築されたことなどもあり、様々な省エネ対策が実施されてきた。そこで、工学研究科附属環境安全衛生センターへのヒアリングや報告から省エネ対策及びその効果を抽出した。

工学研究科では省エネ対策の一環として、特殊空調への対策を2010年前後に実施した。対策方法には、年間タイムスイッチの導入、損栓空気導入量減、加湿・除湿・ホットガススイッチの導入、OA導入照明の連動、ルームクーラーの設置が挙げられる。17部屋（恒温室1部屋、恒温恒湿室11部屋、クリーンルーム5部屋）で実施した結果、3か月間の合計削減量は141,694kWhとなり、削減率34.8%の効果があつた（平成22・23年度12月～2月の比較）。削減効果が最も大きかったのは特殊空調による空調管理をルームエアコンに変更することであった。3部屋がこの対策を実施し、平均66%、最大で99%の削減効果が確認された（厳しい温湿度管理が不要であるところを対象としている）。

また、桂キャンパスでは定格電力が1kW以上実験機器を「第1種（年末・年始休暇期間であっても運転する必要のある機器）」、「第2種（年末年始な

どの休暇期間は休止できるが、研究・教育活動を短期間で再開するために通電して無人運転しておくことが必要な機器）」、「第3種（第1種、第2種以外の機器）」の3種に分類し、第3種に分類した機器については電源を切るように勧告している^{[10][11]}。

c. 特殊空調への省エネ対策と結果

本研究では薬学研究科の実測対象3恒温室に対して「設定温度を下げる」という対策を、研究室A内培養室に対してはこれに加え「部屋使用時以外は電源を切る」という対策を行った。その結果、研究室A内培養室とNMR室において省エネ効果が確認できた（表7）。質量分析室については対策後の測定期間が短いため、この対策による削減効果が実測結果にどの程度寄与しているかは不明であるものの、部屋の規模から、NMR室と同等の省エネ効果があると考えられる。

また、薬学研究科ならびに工学研究科（桂キャンパス）における実測結果から、特殊空調の部屋別床面積あたりの消費電力量が対策の前後でどれだけ変化したかを比較した（図9）。いずれの場合も特殊空調への省エネ対策の効果が大きいことが示された。

表7 薬学研究科における省エネ対策実測結果

	研究室A内培養室	質量分析室	NMR室
対策前平均消費電力量(kWh/日)	463.8	540.2	891.9
対策①後平均消費電力量(kWh/日)	446.9	162.7	777.8
測定期間	2013/12/7～12/20	2014/1/21～1/27	2014/1/10～1/27
対策②後平均消費電力量(kWh/日)	210.2	—	—
測定期間	2013/12/21～2014/1/27	—	—
削減率(%)	54.7	69.9	12.8

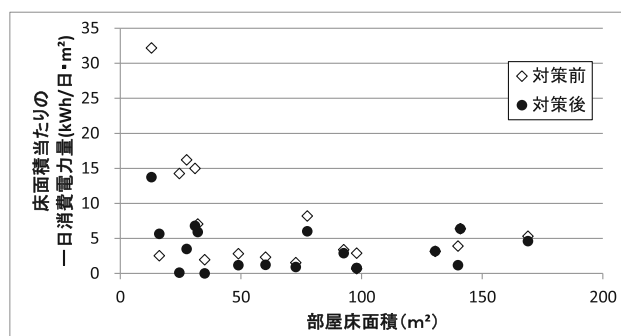


図9 薬学研究科と工学研究科（桂）の特殊空調の床面積あたりの消費電力量

D. 薬学研究科における省エネポテンシャル 推定（冷凍冷蔵機器・特殊空調の対策）

a. 薬学研究科全体の消費電力に占める実験機器 ならびに特殊空調の消費電力

薬学研究科全体の省エネポテンシャルを推定するため、まずは薬学研究科で使用される実験機器と特殊空調の消費電力量を推定する。薬学研究科全体の消費電力量は昨年の値（15,920 kWh/日）を用いた。

はじめに、薬学研究科で資産登録されている冷凍冷蔵機器の消費電力量を推定する。薬学研究科の冷凍冷蔵機器 189 台を次のように区分した。

- ・ -50℃以下の庫内温度で稼働する冷凍庫（以下、「超低温」）
- ・ -50℃より高い庫内温度で稼働する冷凍庫、保冷庫、ショーケース低温（以下、「低温」）
- ・ 主に家庭向けの冷凍冷蔵庫（以下、「家庭用」）

その結果、超低温は 41 台、低温は 135 台、家庭用は 13 台となった。

各消費電力を調べ、それをもとに平均消費電力、合計消費電力量、薬学研究科における割合を推定した（表 8）。研究室 A・B で調査した機器と同じ製品については、それをもとに容量（L）及び定格消費電

力（W）を紐づけして補正を行った。未調査の製品については各メーカー HP より得た情報をもとに消費電力を推定した。情報が得られなかった製品の消費電力はそれ以外の機器の平均に等しいと仮定した。

次に、薬学研究科全体の特殊空調による消費電力量を推定する。薬学研究科全体で特殊空調は 12 部屋あり、総面積は 576m²である。薬学研究科内の恒温室 3 部屋で実測した結果、平均床面積あたりの一日消費電力量が 5.58kWh/日・m²であった。したがって、薬学研究科の全特殊空調（576 m²）の消費電力量は 3,212kWh/日と推定できる。

以上のことから、薬学研究科全体（薬学部本棟と薬学部総合研究棟の 2 棟）の消費電力量に対する全実験機器ならびに全特殊空調の消費電力量が推定された（表 9）。実験機器は 11%、特殊空調は 20%、一般的な研究室・居室（デスクワーク）は 6%を占めた。ただし、実験機器全体の消費電力量については、図 6・図 7 の結果より冷凍冷蔵機器の 2 倍の値であると仮定している。一般的な研究室・居室（デスクワーク）の推定値は、居室における OA 機器や照明、空調利用に伴う 1 人あたり平均消費電力量^[12]から居室中での消費電力を除いた値に薬学研究科の全構成員数（819 人）を乗じた値である。

表 8 薬学研究科全体の冷凍冷蔵機器の平均消費電力

	超低温	低温	家庭用	合計
台数	41	135	13	189
平均定格消費電力（W）	659	205	53(※)	—
（補正前）合計一日消費電力（kWh/日）	649	666	16	1331
（補正後）合計一日消費電力（kWh/日）	435	419	16	871
薬学研究科における消費電力割合（%）	2.7	2.6	0.1	5.5
消費電力不明機器台数	3	39	10	52

※家庭用冷蔵庫については、年間消費電力の平均値より導出したため補正は行わない。

表 9 実験機器や特殊空調に由来する平均消費電力量（一部推定）と
薬学研究科の全体消費電力量に対する割合

	平均消費電力量 (kWh/日)	全体に対する割合 (%)
薬学研究科実験機器全体	1,742	10.9%
薬学研究科特殊空調全体	3,212	20.2%
一般的な研究室・居室（デスクワーク）の推定値	894	5.6%

b. 冷凍冷蔵機器の省エネポテンシャル推定

薬学研究科における冷凍冷蔵機器の消費電力の推定結果に対して、3 パターンの省エネ対策を実施した場合の電力削減量を求めた。対策方法は①設定温度変更、②省エネ機器への買い換え（既存機器）、③省エネ機器への買い換え（省エネ開発機器）とした（図 10）。

機器メーカーに問い合わせた結果、低温冷凍庫と超低温冷凍庫についてはトップレベルの省エネ製品がわかった（表 10）。これを冷凍冷蔵機器の省エネ対策③のトップレベル機器の設定に用いた。

3 パターンの省エネ対策による年間の電力削減量を推定した結果、対策①では 77,938kWh/年、対策②で 47,732kWh/年、対策③で 172,746kWh/年と推定された（表 11）。

図 10 冷凍冷蔵機器に対する 3 パターンの省エネ対策方法

対策① 設定温度変更： すべての機器を対象に設定温度を 10℃上げる。
対策② 買い換え（既存機器）： 対象機器は薬学研究科にて資産登録年が 2004 年～2008 年の機器を対象にし、超低温冷凍庫、低温冷凍冷蔵庫を同容量程度の機器（最も省エネのもの）へ買い替える。
対策③ 買い換え（省エネ開発機器）： 実験用の冷凍冷蔵機器には省エネ開発の余地があると仮定し、超低温冷凍庫（約－80℃）、低温冷凍庫（約－30℃）について、それぞれのトップレベルの容量あたり電力消費量（W/L）を設定し、将来、該当する機器をそのレベルの機器に変更する。

表 10 省エネトップレベル機器のスペック

	名称	温度（℃）	容積（L）	消費電力（W）	容積あたり消費電力（W/L）
低温冷凍庫	KM－MU49H1J	－20～－30	482	85	0.176
超低温冷凍庫	KM－DU73Y1J	－85	728	740	1.02

表 11 薬学研究科全体の冷凍冷蔵機器に対して 3 パターンの省エネ対策をおこなった場合の消費電力削減量

	対策①設定温度変更 （10℃上げる）	対策②買い替え （省エネ製品）	対策③買い替え （トップレベル製品）
対策前一日消費電力（kWh/日）	854	871	871
対策後一日消費電力（kWh/日）	641	740	397
削減量（kWh/日）	214	131	473
年間削減量（kWh/年）	77,938	47,732	172,746
薬学全体に対する削減量の割合	1.34%	0.8%	3.0%

c. 特殊空調の省エネポテンシャル推定

工学研究科（桂キャンパス）で実施された省エネ対策と同様の対策を薬学研究科の特殊空調・設備に対して行うと仮定する。3 パターンの省エネ対策（図 11）をおこなうと仮定して試算した。なお、最大削減率とは工学研究科（桂キャンパス）にて最も効果あった省エネ対策（特殊空調のルームエアコンへの変更）を実施した 3 部屋の平均電力削減率であり、平均削減率は工学研究科（桂キャンパス）の 17 部屋にて実施された各種省エネ対策（年間タイムスイッチ、損栓空気導入量減、加湿・除湿・ホットガススイッチ、OA 導入照明連動、ルームクーラー設置の単

独／組み合わせ）の平均削減率である。

その結果、年間削減量は対策①によって 773,759kWh/年、対策②で 407,982kWh/年、対策③で 203,991kWh/年と推定された（表 12）。

d. まとめ

以上のことから、冷凍冷蔵機器でもっとも省エネ効果の高い対策③（トップレベルの製品への買い替え）と、特殊空調でもっとも効果の高い対策①（66%削減）を薬学研究科全体でおこなった場合に削減ポテンシャルは最大となり、削減量は年間 946,505kWh であると推定できた。これは昨年の薬学研究科全体の使用量の 16%にあたる。

- 対策①：全部屋が対策可能であるとし、工学研究科での最大削減率（66%）を用いる。
対策②：全部屋が対策可能であるとし、工学研究科での平均削減率（34.8%）を用いる。
対策③：半数の部屋（床面積）が対策可能であるとし、工学研究科での平均削減率（34.8%）を用いる。

図 11 特殊空調に対する 3 パターンの省エネ対策方法

表 12 薬学研究科全体の特殊空調に対して 3 パターンの省エネ対策をおこなった場合の消費電力削減量

	対策①全部屋で 66%削減	対策②全部屋で 34.8%削減	対策③半分の床面 積で34.8%削減
対策対象床面積（m ² ）	576	576	288
推定一日消費電力量（kWh/日）	3,212	3,212	1,606
一日当たり削減量(kWh/日)	2,120	1,118	559
年間削減量（kWh/年）	773,759	407,982	203,991

E. 全学における省エネポテンシャル推定 (冷凍冷蔵機器・特殊空調の対策)

最後に、京都大学吉田キャンパス（附属病院除く）を対象を拡大して省エネポテンシャルを推定する。全学全体の合計消費電力量として昨年度の値（104,304,945kWh/年）^[4]を用いた。

a. 冷凍冷蔵機器の省エネポテンシャル推定

京都大学吉田キャンパス（附属病院除く）の冷凍冷蔵機器の保有状況を資産登録データにもとづいて整理し、消費電力量と省エネポテンシャルを試算した。全学で所有する機器台数は 3,561 台であった。その内訳は、超低温が 781 台、低温が 2,276 台、家庭用が 504 台となった。

これらに 3 パターンの省エネ対策をおこなった場合、年間削減量は対策①では 1,711,769kWh/年、対策②で 1,263,581kWh/年、対策③で 4,189,639kWh/年と推定された（表 13）。

b. 特殊空調の省エネポテンシャル推定

薬学研究科以外の吉田キャンパス（病院を除く）の特殊空調に対して 3 パターンの省エネ対策法を実

行した場合の削減量を推定する。吉田キャンパス（病院除く）の特殊空調（恒温室、恒温恒湿室、クリーンルーム）の部屋床面積は計 3,966 m²である（2011 年時点）^[13]。このうち薬学研究科の恒温室はここの推定対象から除く（12 部屋、総面積 576m²）。これらの特殊空調は工学研究科（桂キャンパス）のものと構成比（恒温室、恒温恒湿室、クリーンルーム）が近いと仮定し、工学研究科（桂キャンパス）の省エネ対策前床面積あたり消費電力量平均値 4.66kWh/日・m²を用いて消費電力量を推定した^[10]。その結果、対策①と対策②では対象面積が 3,390m²、対策③では 1,695 m²であることから、最大で 3,805,594kWh/年の削減量が推定された（表 14）。

c. まとめ

全学において冷凍冷蔵機器および特殊空調に対する最大限の省エネ対策を実施した場合、8,768,992kWh/年の削減量が推定された。これは吉田キャンパス（病院除く）全体の消費電力量の 8.4%にあたる。京都大学が年間削減目標を 2%としていることから、一定の削減ポテンシャルの可能性があることが明らかとなった。

表 13 全学全体の冷凍冷蔵機器に対して 3 パターンの省エネ対策をおこなった場合の消費電力削減量

	対策①設定温度変更 (10℃上げる)	対策②買い替え (省エネ製品)	対策③買い替え (トップレベルの製品)
対策前一日消費電力 (kWh/日)	18,759	19,398	19,398
対策後一日消費電力 (kWh/日)	14,069	15,936	7,919
削減量	4,690	3,462	11,478
年間削減量 (kWh/年)	1,711,769	1,263,581	4,189,639
薬学全体に対する削減量の割合	1.60%	1.21%	4.02%

表 14 全学全体の特殊空調に対して 3 パターンの省エネ対策をおこなった場合の消費電力削減量

対策方法	対策①全部屋で 66%削減	対策②全部屋で 34.8%削減	対策③半分の床面積で 34.8%削減
対策対象床面積 (m ²)	3,390	3,390	1,695
推定一日消費電力量 (kWh/日)	15,797	15,797	7,899
一日当たり削減量 (kWh/日)	10,426	5,497	2,749
年間削減量 (kWh/年)	3,805,594	2,006,586	1,003,293
全体に対しての割合	3.60%	1.90%	1.00%

F. おわりに

京都大学薬学研究科を対象にヒアリング・実測調査を行った結果、実験機器による消費電力量のうち大半が常時稼働機器によるものであり、約 5 割が冷凍冷蔵機器と推定された。また、特殊空調の消費電力が特に大きく、薬学研究科全体の約 2 割を占める可能性が示唆された。

冷凍冷蔵機器と特殊空調への省エネ対策による削減量を推定した結果、それぞれ最大で、薬学研究科においては研究科全体の 3.0%及び 13.3%、吉田キャンパス（病院除く）ではキャンパス全体の 4.0%及び 4.4%の電力削減が推定された。

薬学研究科での床面積当たり消費電力量が他の理系研究科より大きい原因として、特殊空調の占める割合が大きいことが考えられる。しかし研究室によっては特殊空調設備が必ずしも必要ではない場合があることも今回の調査の過程でわかってきた。また、実測した恒温室については、特殊空調設備の設置時当初から恒湿機能が故障していた。さらに、NMR 室と質量分析室では $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ と設定されていたにもかかわらず、実測では 30°C 近くまで変動していることがわかった。これらの部屋では特殊空調による厳密な精度は求められていないことがヒアリングでわかったため、ルームエアコンもしくは業務用エアコンに変更することで大幅な省エネが期待できる。他の研究科にも同様の事例があると考えられ、省エネ対策を導入する際には特殊空調設備に関する環境測定等が有効であると考えられる。その際に重要なことは、利用者や管理責任者との十分な意思疎通である。当事者がその消費電力量や特殊空調の電力消費特性を知らずに使用していることを想定する必要がある。本研究では特殊空調の省エネ対策を実施する前に実測調査結果を利用者・責任者に開示したが、一様に消費量の大きさに驚かれた。今後、特殊空調の省エネ対策を進めるにあたっては、電力量計測を行い、それを利用者・責任者に開示し、実態を理解してもらうことが重要である。そして様々な省エネ対策を選択してもらうことで研究パフォーマンスを落とすことなく消費電力量削減を実現することが可能になると考えられる。建物の新設・改築時に同様のチェックを含めることも重要である。

もうひとつの焦点となった冷凍冷蔵機器に関しては、概ねの傾向として古い機器や容量の小さい機器ほど効率 (W/L) が悪いことが分かった。ただし、今回推定に用いた省エネトップ性能の低温冷凍庫は

大容量かつ低消費電力な製品であり、選択肢はその限りではない。特に超低温冷凍庫は集約化により大幅な省エネが可能であるが、複数の条件（同研究室、同部屋、容量が小さい）にあてはまる機器はほとんどないと想定し、本研究では削減量推定は行わなかった。しかし、吉田キャンパス内（病院除く）には 3,561 台もの冷凍冷蔵機器があり、常時稼働していることから、今後は集約化等の検討も必要である。また今回の削減試算では、省エネトップレベル機器へ統一することによる効果も試算した。実験用冷凍冷蔵機器の省エネ機器開発可能性をメーカーへ働きかけるなど、今後の展開を検討することが重要と考えられる。

本研究により、実験機器・設備の消費電力量と省エネポテンシャルを一部の具体的な機器・設備について示ことができた。今後、京都大学の他研究科への展開、幅広い実験機器や情報機器への対応、さらには他大学において省エネ対策を進めることが可能と考えられる。

《謝辞》

調査や対策にご協力いただきました、京都大学薬学研究科の教職員・学生の皆様、工学研究科附属環境安全衛生センター及び施設部の関係者に、深く感謝いたします。

G. 引用文献

- [1] 京都大学ウェブサイト
<http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/profile/environment/saveenergy>（閲覧日 2014/2/26）
- [2] 京都大学：環境報告書 2013 (2013)
- [3] 環境科学センター：環境保全 No.26 (2011)
- [4] 京都大学：平成 24 年京都大学環境負荷データ
<http://www.esho.kyoto-u.ac.jp/wp-content/uploads/2013/08/h24.pdf>（閲覧日 2014/2/26）
- [5] 京都大学薬学研究科：資産登録表
- [6] 朝日ライフサイエンス株式会社：機器資料
- [7] 京都大学薬学研究科：ヒアリング結果
- [8] パナソニックヘルスケア株式会社：省エネ提案資料
- [9] 日本フリーザー株式会社：省エネ参考資料
- [10] 京都大学工学研究科附属環境安全衛生センター：電力測定結果
- [11] 京都大学工学研究科附属環境安全衛生センター：省エネ対策結果資料
- [12] 環境科学センター：環境保全 No.22 (2007)
- [13] 京都大学：京都大学吉田キャンパス省エネルギーマスタープラン(2011)