

はじめに

公立小学校へのエアコン導入は、公平性の面から多数の学校に一斉にエアコンを設置する必要があり、行政側の予算等の制約により設置されずにきた。文部科学省は、2003年度から10年かけて北海道・東北・北陸以外の公立小中学校・高校など普通教室30万室にエアコンを設置する方針を2002年夏の概算要求に盛り込んだが、財務省からの認可が下りず実現しなかった¹⁾。しかし、その状況も徐々に変化している。東京都23区においては、以前は騒音対策として事情校についてのみエアコンの設置が進められてきたが、学校選択制の導入で施設の学校間格差をなくす必要性等から、近年各区で設置が進められている¹⁾。京都市ではPFI事業の導入により、2006年に民間の資金調達や技術を活用し、市内の全小学校156校、約2,500教室に単年度で一斉にエアコンを設置した²⁾。

公立小学校へのエアコン導入に当たっては、対象が児童であることから小学校特有の問題を考える必要がある。学習効率と環境教育といった教育面、アトピー性皮膚炎や身体の発育への影響などの健康面、エネルギー問題や環境問題といった環境面の3つが主な視点として挙げられる。また、エアコン設置に関わる社会構造は非常に複雑であり、文部科学省・自治体の方針、児童・保護者・職員からの要求、企業の市場拡大など、それぞれの考えが積層している³⁾。

エアコン設置理由としては、二学期制や地域開放等の学校制度の変化による「夏季の教室利用の増加」、地球温暖化・ヒートアイランドによる「夏季の教室環境の悪化」の2つが挙げられる^{4),5)}。

現在のところ、朝日新聞の調査による全国15の政令指定都市における公立小学校でのエアコン設置率は2006年6月時点で6.4%にとどまっている¹⁾。今後公立小学校でのエアコン導入の動きが全国的に拡大していくに伴いエネルギー消費量の増大が懸念される。

学校教室のエアコン導入の動きに対し、石井ら⁶⁾、岩下ら⁷⁾、斎藤ら⁸⁾による教室内の冷房設備の使用状況や温熱環境を調査した研究、金子ら⁹⁾による教室内の温熱環境が学習効率に及ぼす影響を検討した研究、渡辺ら¹⁰⁾、池澤ら¹¹⁾によるエネルギー消費量の調査を行った研究、瀧澤ら¹²⁾による全国公立小学校の設備設置状況を調査した研究が報告されている。しかし、全国規模でエネルギー消費量評価を行った研究事例は少ない。

本研究では、公立小学校の冷房普及に伴う学校環境への影響とエネルギー消費量を把握することを目的とし、エアコン導入に関する実態調査および、マクロモデルを用いたエネルギー消費量予測と環境対策シナリオ効果の検証を行った。予測値と実績値を合致させることではなく、将来予測を行うことで、今後取り組むべき方向性を明確にすることを目標にしている。

1. 公立小学校のエアコン導入に関する実態調査

1.1 東京都におけるエアコン設置状況

各区議会議事録を基に作成した東京都23区におけるエアコン設置学校数の動向を図1に示す。2002年頃からエアコンの設置が本格的に始まり、2007年には設置率64%に達している。板橋区議会事務局調査係より入手した2006年4月時点の各区における冷房設置状況を表1に示す。学校数の多い区で設置が進んでいないが、杉並区では区長の方針によりエコスクールを推進しているためである。熱源方式については、ガス式ヒートポンプパッケージエアコン（以降、GHP）を主とする区が多いが、電気式ヒートポンプパッケージエアコン（以降、EHP）も併用されている。

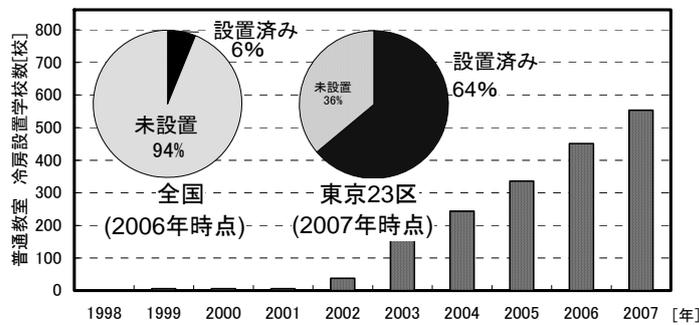


図1 東京23区におけるエアコン設置学校数

表1 東京23区におけるエアコン設置状況 (板橋区議会事務局調査係より)

区名	冷房設置状況		熱源方式※		
	全学校数	冷房設置学校数	電気式 (EHP)	ガス式 (GHP)	蓄熱式
江戸川区	73	0	-	-	-
足立区	72	9	○	-	-
練馬区	69	0	-	-	-
世田谷区	64	3	○	◎	○
大田区	59	59	○	◎	-
板橋区	55	2	○	○	-
葛飾区	49	49	-	-	○
杉並区	44	1	-	○	-
江東区	43	2	○	○	-
品川区	39	33	○	◎	-
北区	38	1	-	○	○
新宿区	30	30	○	○	-
中野区	29	29	○	◎	-
墨田区	27	27	○	◎	-
豊島区	23	23	○	◎	○
荒川区	23	23	○	-	◎
目黒区	22	22	○	◎	-
文京区	20	20	○	◎	◎
渋谷区	20	20	○	◎	-
港区	19	19	不明		
台東区	19	19	○	◎	○
中央区	16	16	○	○	○
千代田区	8	8	◎	○	○

※◎：主として採用、○：一部で採用 (2006年4月時点)

1.2 東京都A区のエアコン設置状況

2007年度から2学期制に伴いエアコンが設置された東京都A区について、教育施設担当者へのヒアリング調査を2007年10月に行った。2006年度以前は、高速、線路付近の学校2校のみであったが、2007年4～6月に全面的に導入を実施し、39校594教室に設置した。耐震工事中の学校については翌年度設置された。エアコン設置の経緯について「3学期制から2学期制へ移行により夏季の教室内の環境改善のため」、費用と契約内容については「冷房設備購入は導入時の費用負担が大きくなるため10年リース契約とした。ガス会社、電力会社に見積もりをとり、EHP21校、GHP18校とした。リース費用、運転にかかる光熱費についても区で負担」という回答を得た。また、エアコン使用に関する要項が全校に配布されており、概要を表2に示す。

表2 エアコン使用に関する要項（東京都A区）

	使用時期	使用条件
冷房	6/1～9/30 ※2007年度は設置年のため 7月から使用開始	室温 28℃以上 外気温との差 5℃以内
暖房	12/1～3/31	室温 20℃以下

1.3 東京都A区公立小学校の冷房使用状況と児童への影響

エアコン設置前後の影響を把握するため、東京都A区公立小学校の教師を対象にアンケート調査を2007年10月に行った。18校に配布し、10校について回答を得た。

1) 運転開始・停止の目安と設定温度

冷房運転開始・停止の目安を図2に、「教室内温度」「児童の様子」の項目に関する詳細を表3に示す。運転開始については、「教室内温度」「児童の様子」「担任教師の感覚」から主に判断している。「教室内温度」については、要項通り28℃を基準としている。運転停止についても同様の傾向ではあるが、「教室内温度」よりも「児童の様子」から判断する教師のほうが多い。「児童の様子」について、暑がっているか・寒がっているかだけでなく、授業に集中できてくるのかも運転開始・停止の基準となっている。図3に設定温度を示す。冷房の設定温度は25～29℃となっている。

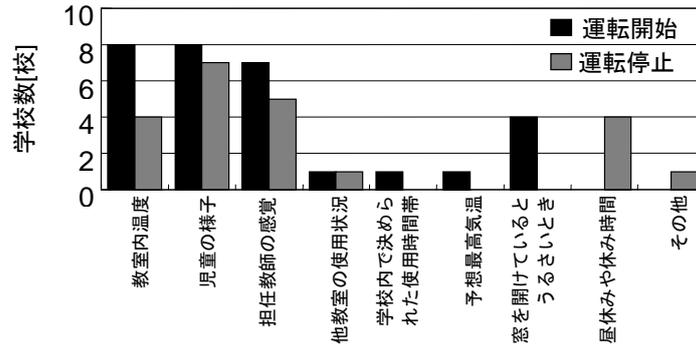


図2 運転開始の目安 (複数回答可)

表3 運転開始・停止の詳細

	運転開始	運転停止
教室内温度	27℃ 1校 28℃ 5校 30℃ 1校 未記入 1校	26℃ 1校 28℃ 3校
児童の様子	・暑がっている ・集中できない ・汗をかいている ・気分が悪くなる ・顔が赤くなる	・寒がっている ・集中して学習できる

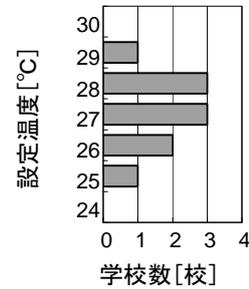


図3 設定温度

2) エアコン使用による児童への影響

エアコンの使用による児童への影響について図4に示す。すべての学校で児童の集中力が上がったと回答している。また、エアコン設置前後で、熱中症や体調を崩す児童の減少や、給食を残す児童が減るなどの夏バテに対する効果も見られた。しかし、アトピー等の痒みを訴える児童数は変わらないとの回答で、当初期待された抑制効果に関する見解は得られなかった。冷房に対する悲観的側面として、外で遊ぶ児童が減ったという回答が2校あった。



図4 エアコンの使用による児童への影響

3) エアコン導入に対する意見

エアコン導入に対する賛否とその理由、自由意見を表4に示す。全10校とも導入に賛成という意見であった。賛成の理由としては、健康面、快適性、学習効率の向上が挙げられる。自由意見でも冷房化による効果を認める意見がある一方で、エネルギー問題や地球温暖化を危惧する意見や、小学生というまだ成長過程にある児童を考慮して健康を気遣う意見など、一概に冷房化を賛成している訳ではないことが分かる。

表4 エアコン導入に対する賛否

冷房化に対する賛否・その理由 賛成：10、反対：0
<ul style="list-style-type: none"> ● 風通しの悪い教室や夏の建物自体の熱気をさげ、快適な環境で学習できる。 ● 集中力が上がったから。子供の集中力が高まるので。 ● 換気をして外気が暑い時などは体力を奪われるため、冷房で快適に過ごさせたい。 ● 勉強しやすい。校舎内が静かになる。落ち着く。 ● 暑さにより体調不良を訴える児童が減少する。 ● 年間を通じて、変わらない環境で授業ができるため。
冷房化に対する自由意見
<ul style="list-style-type: none"> ● できる限り自然風などで教室環境の暑さ対策をしている。しかし陽が当たりカーテンを閉めると風が入らない。また夏休み後の建物の熱気や4階教室の屋上からの熱気など校舎の断熱効果の問題もあると思うが、冷房設備のない時は38℃を越える教室内環境となることもある。また、教室の広さの面でも40人近い児童が生活する室内はそれだけでも暑いと感じられる。今年度から冷房が導入されたが、特に夏休み後は学習に集中する姿も見られ、給食もメニューに関わらず、残菜が少なくなった。また、本学級では体調を崩す子もなく、残暑厳しい今年の9月をのり切れる様子が見られる。 ● 設置は賛成。ただし27℃～29℃程度で十分と思う。しかし、地球温暖化や電力消費の観点からジレンマを感じる。 ● 図工室、家庭科、理科室の各部屋にもつけてほしい。「校内に差があるのはいかがなものか」との声が多い。 ● 小学生は体温調整が難しいので、冷房設備は必要だと考える。ただし、健康的な生活を送るために、その使用は最低限にすべきだと思う。

1.4 東京都A区公立小学校の冷房エネルギー消費量

東京都A区において、エアコン設置後の2007年度7~9月の取引メーター値から設置前の2006年度同月を差し引いた(2007年度-2006年度)を普通教室における冷房エネルギー消費量として算出した。ただし、GHPについては室外機圧縮機のエネルギー消費量である。一次エネルギー換算係数は、ガス45MJ/m³、電気9.97MJ/kWhとした^{13),14)}。図5に、東京都A区公立小学校16校の普通教室1学級当たりの冷房エネルギー消費量を示す。3ヶ月のエネルギー消費量は、GHP平均4,804MJ/学級、EHP平均4,647MJ/学級で大きな違いはない。むしろ各学校での運用の違いによると考えられ、特に7月は設置後最初の運用のためバラつきが大きい。2学期制を導入しており、8月の使用も見られるが9月と比べると少ない。9月のエネルギー消費量は概ね2,000~3,000MJ/学級程度である。

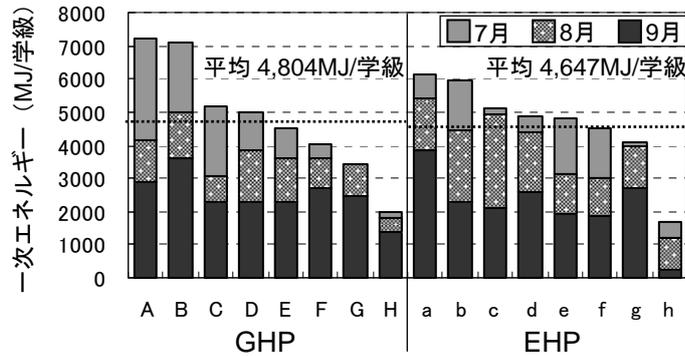


図5 1学級当たりの冷房エネルギー消費量 (7~9月積算)

2. エネルギー消費量予測マクロモデル手法

先駆的にエアコン設置が進んでいる東京都において実態調査を行った結果、児童の健康面などから概ね望まれる結果となった。しかし、エネルギー多消費については問題が残るため、全国規模のエネルギー評価を行った。

公立小学校へのエアコンの設置が全国的に進むことを想定し、普通教室のエネルギー消費量のマクロ予測を行った。マクロモデル手法のフローを図6に示す。各都道府県について学級数予測、エアコン設置率予測、冷暖房負荷計算から2030年までのエネルギー消費量を算出し、積み上げにより全国のエネルギー消費量の予測を行った。

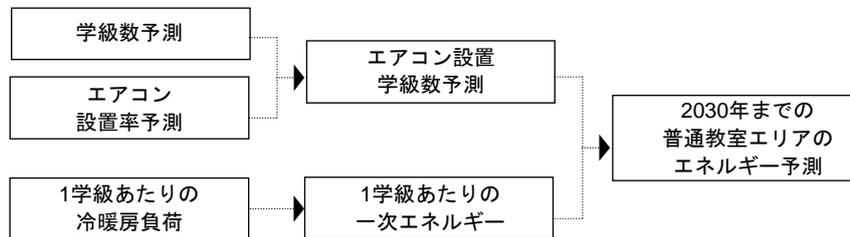


図6 エネルギー消費量予測のマクロモデル手法フロー

2.1 学級数予測

都道府県別学級数予測に用いた引用データベース及び予測方法を表5に示す^{15),16)}。将来児童数は、2005～2035年の5年ごとの都道府県別5-14歳人口を2005年比の人口比率に換算し、2005年の都道府県別児童数との積から算出した。中間年については直線補完している。2006～2035年の将来学級数は、1975～2005年の児童数と学級数の実績値による相関近似式を用いて、2006～2035年の将来児童数から算出した。47都道府県の予測結果の積み上げにより、全国の学級数を算出した。

表5 引用データベース及び予測

項目	実績値 1975-2005年	予測値 2006-2035年
児童数 N_Y [人]	学校基本調査 (文部科学省)	将来推計人口データメニュー (国立社会保障・人口問題研究所)
学級数 C_Y [学級]	学校基本調査 (文部科学省)	都道府県別に2005年以前の児童数と学級数の相関近似式から予測 $C_Y = a \cdot N_Y + b$
学級規模 A_Y [人/学級]	児童数と学級数から算出 $A_Y = N_Y / C_Y$	

1) 東京都の学級数予測

予測結果の一例として東京都の結果を表6に示す。東京都では、1980年頃に1度目のピークを迎え、児童数1027千人、学級数27.75千学級となるが、その後2000年ごろまでは、徐々に減少し半数ほどとなっている。しかし、2010年に2度目の緩やかなピークを迎え、その後減少していく。児童数は、2020年に1990年比74%、2000年比95%、2030年に1990年比61%、2000年比78%となる。それに対し、学級数は、2020年に1990年比82%、2000年比99%、2030年に1990年比74%、2000年比90%となっており、児童数よりも学級数のほうが緩やかな減少にとどまっている。これは、学級規模が一定ではなく減少していることに起因するものと考えられる。

表6 学級数予測結果（東京都）

	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
児童数 (千人)	960	1027	853	679	587	527	549	561	545	502	450	413	391
	1990年比			100%	86%	78%	81%	83%	80%	74%	66%	61%	58%
	2000年比					100%	104%	106%	103%	95%	85%	78%	74%
学級数 (千学級)	26.02	27.75	24.39	21.43	19.49	17.73	18.23	18.73	18.43	17.61	16.6	15.88	15.47
	1990年比			100%	91%	83%	85%	87%	86%	82%	77%	74%	72%
	2000年比					100%	103%	106%	104%	99%	94%	90%	87%
学級規模 (人/学級)	36.9	37	34.97	31.68	30.12	29.73	30.12	29.94	29.58	28.53	27.11	25.98	25.29

2) 全国の学級数予測

47 都道府県それぞれについて予測を行い、それらの積算から全国の学級数を予測した。全国の学級数予測を図7、表7に示す。児童数が2030年に1990年比49%の450万人へ急激に減少するのに対し、学級数は2030年に1990年比73%の22.7万学級へ緩やかに減少する予測である。

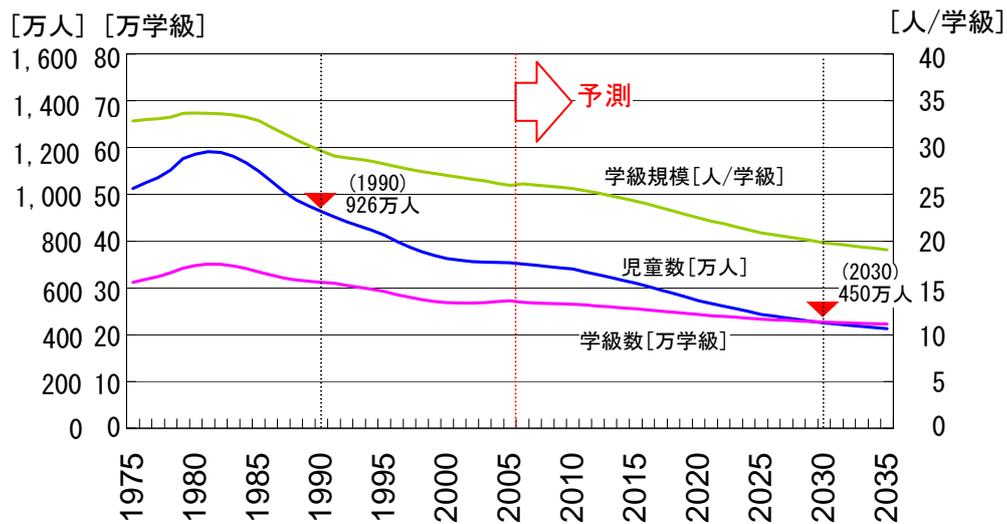


図7 全国学級数予測

表7 学級数予測結果（全国）

	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035
児童数 (万人)	1026	1172	1099	926	825	725	708	681	621	546	487	450	425
	1990年比			100%	89%	78%	76%	73%	67%	59%	53%	49%	46%
	2000年比					100%	98%	94%	86%	75%	67%	62%	59%
学級数 (万学級)	31.23	34.79	33.43	31.23	29.2	26.84	27.27	26.54	25.54	24.3	23.32	22.71	22.29
	1990年比			100%	93%	86%	87%	85%	82%	78%	75%	73%	71%
	2000年比					100%	102%	99%	95%	91%	87%	85%	83%
学級規模 (人/学級)	32.85	33.69	32.87	29.65	28.27	27.01	25.97	25.65	24.3	22.47	20.89	19.83	19.07

2.2 エアコン設置率予測

各都道府県における公立小学校でのエアコン設置率を想定するにあたり、家庭でのルームエアコン普及率の実績値から予測を行った。

家庭での普及率は、総務省統計局による全国消費実態調査の主要耐久消費財編から1964-2004年の40年間（5年おき）のデータを使用した。イノベーション普及理論により、採用時点を横軸とすると採用者度数は正規分布を示し、累積度数分布はS字型曲線を描く(20)。統計解析ソフトSPSS11.0を用いたロジスティック回帰分析により、上限値は1(100%)として普及率曲線を導いた。

公立小学校でのエアコン設置率は、家庭での普及率曲線を基に、2006年～2016年の10年で家庭での2004年時点の普及率まで至り、その後もその曲線に従う想定とした。つまり家庭のルームエアコンが40年で達した普及率に、公立小学校では4倍のスピードの10年で到達する想定とした。文部科学省の冷房化計画が10年であること、東京都の設置率が2002～2007年の6年で約6割上昇したことから、10年をスパンとした。

例として北海道・東京都と全国の設置率予測を図8に示す。ただし、東京都においては設置率の動向に合わせ修正を加えた。2006年時点の全国の公立小学校でのエアコン設置率は6%程度だが、2016年頃に90%、2030年にはほぼ100%に達する想定である。

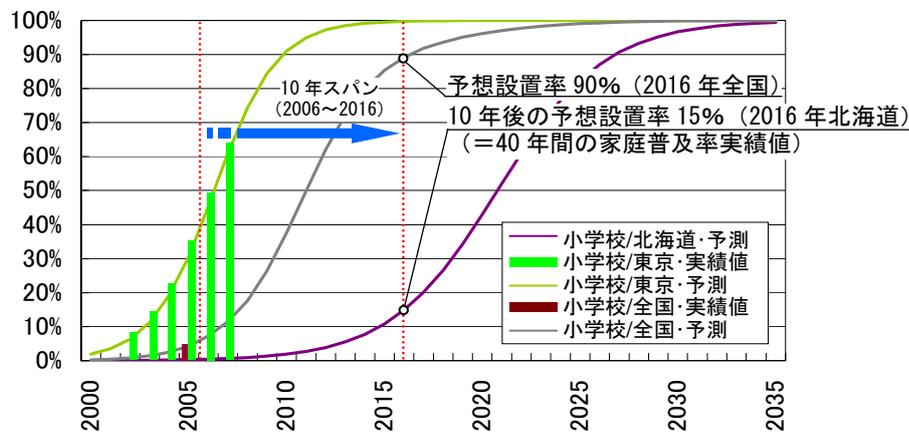


図8 小学校でのエアコン設置率予測と実績値

2.3 熱負荷計算

熱負荷計算ソフトSMASH¹⁸⁾を用いて冷暖房負荷を算出した。図9にモデル平面図と断面図、表8に熱負荷スケジュールを示す。屋根面および床下の影響を考慮するため3層とし、1学級当たりの冷暖房負荷として平均値を用いた。部材構成については、東京都A区公立小学校を参考に全国一律とした。気象データは県庁所在地の拡張アメダス1981～2002年の標

準年を使用した。必要換気量 $20 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{人}$ を確保するよう機械換気で換気回数 3 回/h とし、隙間換気を暖房 0.2 回/h 、冷房 0.1 回/h としており、休み時間の換気は見込んでいない。スケジュールは $9\sim 15$ 時で昼休みを設け、体育等による教室の空き時間は見込んでいない。

設定条件を表 9、環境対策項目を表 10 に示す。エアコンが設置される前の「ストーブ」条件では学校環境衛生の基準である暖房 18°C の設定とし、「エアコン」条件では暖房 22°C 、冷房 $26^\circ\text{C}\cdot 50\%\text{RH}$ の設定とした。「エアコン」条件については、東京都 A 区公立小学校の仕様を参考とした「標準ケース」に加えて、全環境対策を導入した「全対策ケース」を想定した。

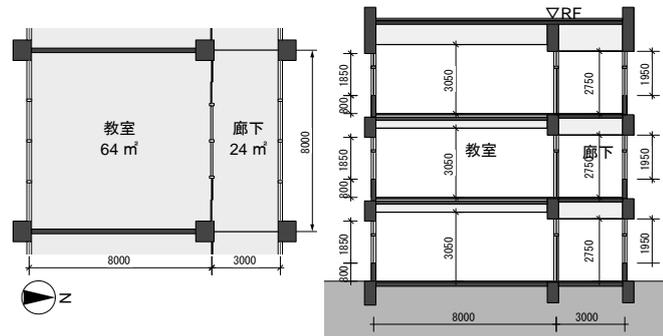


図 9 モデル平面図と断面図

表 8 熱負荷スケジュール

時刻	1...8	9	10	11	12	13	14	15	16...24
在室者	0	25	25	25	25	12.5	25	25	0
照明	0	20	20	20	20	10	20	20	0
冷暖房	off	on	on	on	on	off	on	on	off

在室者[人]、照明[W/m²]、冷暖房[on/off]

表 9 設定条件

	暖房	冷房	自然換気	機械換気	ガラス	庇	断熱*
ストーブ	18°C —	—	なし	3 回/h	3mm	なし	屋根 25mm 壁・床 なし
エアコン	標準 22°C —	26°C $50\%\text{RH}$	なし	3 回/h	3mm	なし	屋根 25mm 壁・床 なし
	全対策 22°C —	26°C $50\%\text{RH}$	5 回/h 室温 26°C 外気 24°C	3 回/h 熱回 50%	Low-e ア ガラス	400mm	屋根 50mm 壁・床 25mm

*断熱材は レタンフォームとした

表 10 環境対策項目

環境対策項目	概要
自然換気 (開け)	運用面における対策で初期 資 が必要なく、環境教育としての効果も期待できる。
熱回	普通教室は在室者密度が高く、全熱 換 の熱回 により、外気負荷 減が期待できる。
Low-e アガラス	面積が大きいため断熱性の向上と、エネルギーの 減とりの放 環境の改善が期待できる。
庇	日 負荷の 減効果だけでなく、直 光を り視環境の改善にも がる。
高断熱化	熱負荷の低減により、特に 季においてエネルギー 減が期待できる。

2.4 エネルギー消費量の算出

小学校の授業期間に合せ、土日、長期休業期間を除いた年間冷暖房負荷から、一次エネルギー消費量を算出した。例として、北海道・東京・鹿児島¹⁹⁾の長期休業期間を表 11 に示す。補講や地域開放等による教室利用は見込んでいない。ストーブのエネルギー消費効率は、グリーン購入法の密閉式ガストーブ基準値 82.0 とした。エアコンは、東京都のエア

コン設置状況から GHP とし、エネルギー消費量算出式を式(1)、仕様を表 12 に示す。仕様は D 社を参考とし、室内温度、冷配長(40m)・高低差(15m)による補正後の値である。外気温度については、5°CDB を境に低温暖房と暖房に分けた。部分負荷運転特性、機 の経年変化は見込んでいない。

$$\left(\begin{array}{l} \text{エアコン年間一次エネルギー消費量} \\ = \text{冷房} \cdot \text{暖房} \cdot \text{寒冷暖房負荷} \cdot \text{室外機圧縮機一次 COP} \\ + \text{室外機} \cdot \text{室内機送風機エネルギー消費量} \cdots(1) \end{array} \right)$$

東京都 A 区の GHP 設置校の実績値と前 の算出方法による計算値との比 を行った。気象データは東京、設定条件は標準ケース、二学期制とし、1 学級当たりの室外機圧縮機のエネルギー消費量を算出した。比 結果を図 10 に示す。計算値と実績値平均との差は、運用開始の7月は+51%と大きい、8月は-3%、9月は-11%であり、マクロ評価を行う上で 当 と考えた。

表 11 長期休業期間

	夏季	季	季	季
北海道	7/25~8/18	—	12/26~1/19	3/25~4/6
東京都	7/21~8/31	—	12/26~1/7	3/26~4/5
東京(二学期制)	7/23~8/24	10/6~10/10	12/26~1/7	3/26~4/5
鹿児島	7/21~8/31	—	12/26~1/7	3/25~4/6

表 12 エアコンの仕様 (GHP)

	室外機圧縮機 一次 COP [-]	送風機一次エネルギー消費量 [MJ/h・学級]	
		室外機	室内機
冷房	1.20	1.1	4.0
暖房 (5°CDB 以上)	1.46	1.2	
寒冷暖房 (5°CDB 未)	1.10		

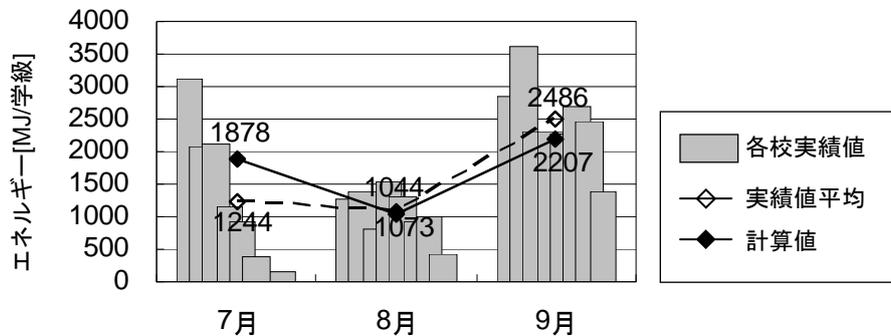


図 10 計算値と実績値との比較

2.5 1学級当たりの年間エネルギー消費量

北海道・東京都・鹿児島県を例として、各条件における1学級当たりの年間一次エネルギー消費量を図11に示す。ストーブ条件からエアコン条件（標準ケース）とすると、暖房温度を18℃から22℃としたことにより北海道では1.3倍、東京ではさらに冷房分が大きく加算され2.7倍、鹿児島では5.2倍に増大する。標準ケースに対する各対策による効果として、自然換気は2~8%程度のエネルギー消費量の減、熱回収は10~12%の減、Low-eアガラスは暖房エネルギーの減効果が大きく5~13%の減となる。庇は-0.5~+1.5%と効果が小さいが、直射日光を遮り視環境の改善につながる。高断熱化による効果は寒冷地で大きく、2~10%の減となる。全対策ケースでは標準ケースに比べ、北海道で約42%、東京で約39%、鹿児島で約34%の減が見込まれる。ストーブからエアコンへの切り替えに際し、十分な環境対策を行うことの必要性が示された。

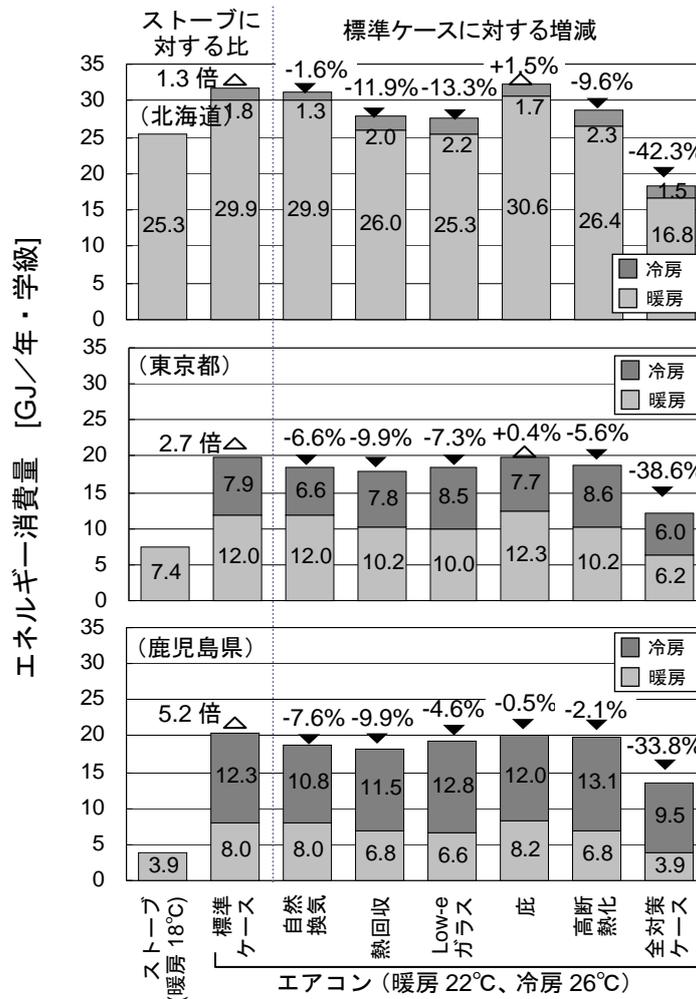


図11 1学級当たりの年間エネルギー消費量

3. マクロモデルによるエネルギー消費量予測

学級数予測、エアコン設置率予測、1学級当たりの年間エネルギー消費量から、2030年までの普通教室における一次エネルギー消費量の予測を行った。エアコン設置以前は全てストーブが設置されているものとしており、実績値ではない。

北海道、東京都、鹿児島県の普通教室エリアにおける1990～2030年のエネルギー消費量予測を図12中の「標準ケース」に示す。北海道では、エアコン設置学級数の増加により、2010年以降増となるが、学級数の減少により2030年時点のエネルギー消費量は「標準ケース」で1990年比19%減となる。東京都では、エアコン設置率がほぼ100%に達する2014年にピークを迎え、2030年には1990年比100%増となる。鹿児島県では、エアコン設置により2019年にピークに達し、2030年に281%増となる。

47都道府県を積算した全国の普通教室エリアにおけるエネルギー消費量予測を図13中の「標準ケース」に示す。全国では2017年にピークを迎え、1990年比65%増の5,344TJ/年となる。その後学級数の減少に伴いエネルギー消費量も減少するが、2030年時点で1990年比55%増の5,009TJ/年となる。

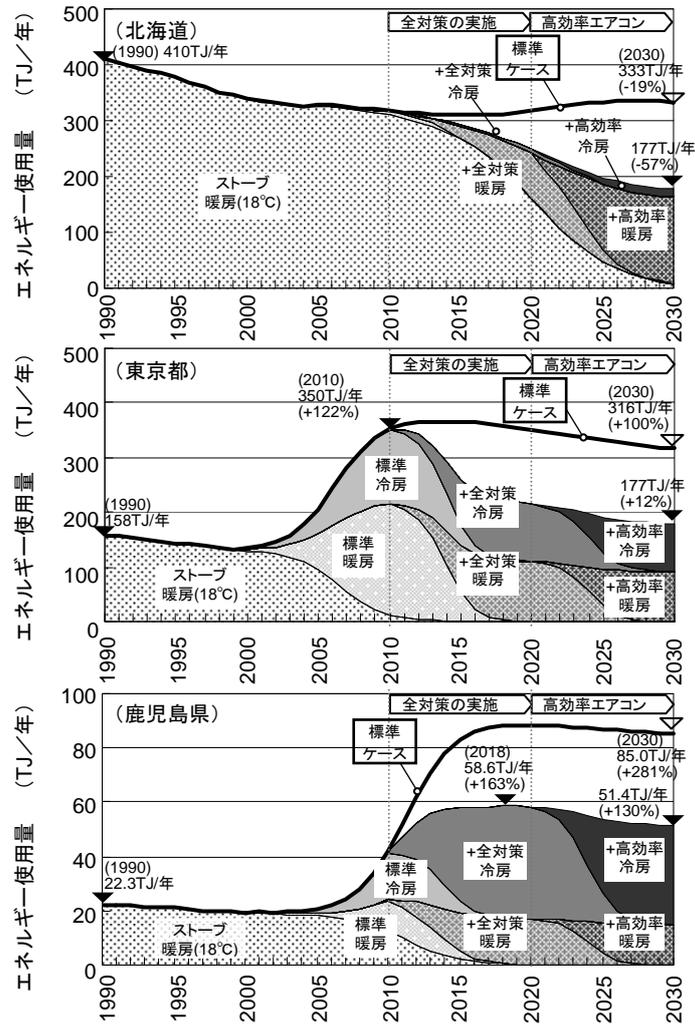


図 12 環境対策シナリオによるエネルギー削減

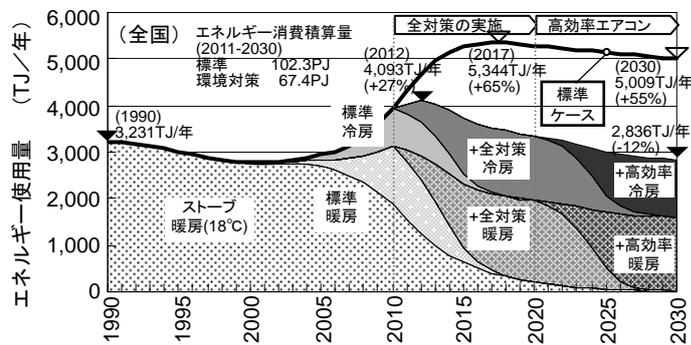


図 13 環境対策シナリオによるエネルギー削減予測 (全国)

4. 環境対策シナリオ

2030年時点のエネルギー消費量を1990年レベル以下とすることを目標とした2010年からの環境対策シナリオを図14に示す。2010年からエアコン設置には全ての学校で全環境対策項目を盛り込むものとし、エアコン設置みの学校については2020年までに対策を行うものとした。また、2020年からはCOPが現状より10%向上した高効率エアコンを設置し、設置みの学校については2030年までに取換えを行うものとした。高効率エアコンの仕様を表13に示す。経産省の「長期エネルギー技術ロードマップ」²⁰⁾では、高効率ヒートポンプのCOPを2000年4~6から2030年5~7へ効率化、また環境省推進の「温暖化2050研究プロジェクト」では民生業務部の電気ヒートポンプの冷房COPが2000年3.6から2050年8.0に改善を想定²¹⁾しており、2020年に機性能向上率10%というシナリオは当然と考える。

北海道・東京都・鹿児島県を例として、環境対策シナリオ導入によるエネルギー削減予測を図12に示す。北海道では、全環境対策項目と高効率エアコン設置により、2030年に1990年比57%減の177TJ/年となる。東京都では、2010年の350TJ/年以降は環境対策項目の効果により大幅に減され、2030年に1990年比12%増にまで抑えられる。鹿児島県では、エアコン設置学級数が少ないときから対策を講じることによりエネルギー消費量を大幅にカットし、2030年に1990年比130%増の51.4TJ/年にまで抑制することができる。

全国における環境対策シナリオの導入によるエネルギー削減予測を図13に示す。全国では、2012年に1990年比27%増の4,093TJ/年とピークを抑えた後は、環境対策項目と高効率エアコンの効果により減少していく。2030年には1990年比-12%の2,836TJ/年まで減し、1990年レベル以下とする目標に達する。2011~2030年の20年間のエネルギー消費積算量は、標準ケースの102.3PJ/20年に対し、34%減し67.4PJ/20年となる。

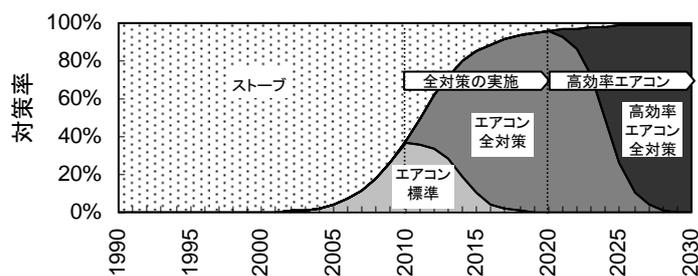


図14 環境対策シナリオ（全国）

表13 高効率GHPの各係数

	室外機圧縮機 一次 COP [-]	送風機一次エネルギー消費量 [MJ/h・学級]	
		室外機	室内機
冷房	1.30	1.1	3.6
暖房（5℃DB以上）	1.60	1.1	
寒冷暖房（5℃DB未満）	1.20		

5. まとめ

- 1) 東京 23 区においては 2002 年頃からエアコンの設置が本格的に始まり、2007 年には 64% に達している。
- 2) アンケート調査の結果、エアコン設置による児童への影響として児童の集中力が上がったと回答しており、エアコン導入に対し全 10 校とも賛成という意見であった。
- 3) 7~9 月の夏季 3 ヶ月の冷房エネルギー消費量の実績値は、GHP 平均 4,804MJ/学級、EHP 平均 4,647MJ/学級で大きな違いはない。
- 4) エアコンの設置により、1 学級当たりのエネルギー消費量はストーブ条件に比べ、北海道で 1.3 倍、東京都 2.7 倍、鹿児島で 5.2 倍に増加する。
- 5) 1 学級当たりの各対策の効果として、自然換気-2~-8%、熱回 -10~-12%、Low-e アガラス-5~-13%、庇-0.5~+1.5%、高断熱化-2~-10%の 減となる。全対策ケースでは標準ケースに比べ、北海道で約 42%、東京で約 39%、鹿児島で約 34%の 減が期待される。
- 6) マクロモデルによる 2030 年のエネルギー消費量予測は、1990 年比北海道 19%減、東京都 100%増、鹿児島県 281%増となり、全国では 1990 年比 55%増の 5,009TJ/年となる。
- 7) 2030 年時点の年間エネルギー消費量を 1990 年レベルとすることを目標とし、2010 年から全環境対策の導入、2020 年からは高効率エアコンの設置を行う環境対策シナリオを作成した。
- 8) 環境対策シナリオにより全国のエネルギー消費量予測は、2030 年に 1990 年比-12%を達成する。

参考文献

- 1) 朝日新聞：冷房どこまで公立学校 朝 3 ページ東京本社 2006.7.15
- 2) 善明（リー コン ルティング）：ーナ 公立学校の冷房化事業
について http://www.murc.jp/politics/search_now/2007/07/sn_070730.html 2007.7.30
- 3) 全日本教職員組合：普通教室への空調設備（クーラー）の設置にあたって 2002.10.19
- 4) 文部科学省：教育 生会議第二次報告 2007.6.1
- 5) 中央教育 議会初等中等教育分科会教育 程分科会：平成 15 年度公立小・中学校における教育 程の編成・実施状況調査の結果について 2003.7.28
- 6) 石井 川健 平 正：冷房設備設置による普通教室の熱的快適性
の変化 日本建 学会環境 論文集 第 623 pp.23-29 2008.1
- 7) 岩下 田良 野：冷房設備を導入した高校普通教室における室温実測及びア
ンケート調査 日本建 学会大会学術講 概集 2005 年 D-2 分 p.523-526
- 8) 斎藤基 石井 月 前田修 北 広：公立学校教室への冷房導入に関す
る基 的研究 日本建 学会大会学術講 概集 2003 年 D-1 分 p.939-940
- 9) 金子 上 藤一：現地実測による温熱・空気環境の が学習効
率に及ぼす影響の検討 学習環境におけるプロダクティ ティ向上に関する研究（その
） 日本建 学会環境 論文集 第 606 pp.43-50 2006.8
- 10) 渡辺 文 一 藤：東北地方における学校建 のエネルギー消費に関する実
態調査研究 日本建 学会環境 論文集 第 597 pp.57-63 2005.11
- 11) 池澤 子 修通：エコスクールモデル校のエネルギー消費量に関する調査研究 東
京都内のモデル校と一 校の比 日本建 学会大会学術講 概集 2006 年 D-2 分
p.577-578、2006.9
- 12) 瀧澤のりえ 野 岩下 長澤 田明 谷一 本
：公立小学校における学校環境設備に関するアンケート調査結果その 日本建 学
会東北 部研究報告会 2007.06
- 13) エネルギー使用の合理化に関する法律施行規 別表第 イ
- 14) 東京ガス：ガス設備とその設計 2008
- 15) 文部科学省：学校基本調査 1975-2005
- 16) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の都道府県別将来推計人口（平成 19 年 5 月推計）
2007.9
- 17) 池 一：イノベーション普及過程論 大学出 会 式会社 2007.7.25
- 18) 財 法人建 環境・省エネルギー機構：SMASH for Windows ver.2
- 19) 内 府政策統：学校休業日の分 化事例の調査結果について 2002.10.9
- 20) 経 業省資源エネルギー庁：平成 17 年度エネルギー環境総合 調査（長期エネ
ルギー技術 等に関する研究）

- 21) 立行政法人国立環境研究所：家庭・業務部 の温暖化対策 2008.3

