

学校等のエネルギー消費原単位設定のまとめ

エネルギー消費原単位について

エネルギー消費原単位とは

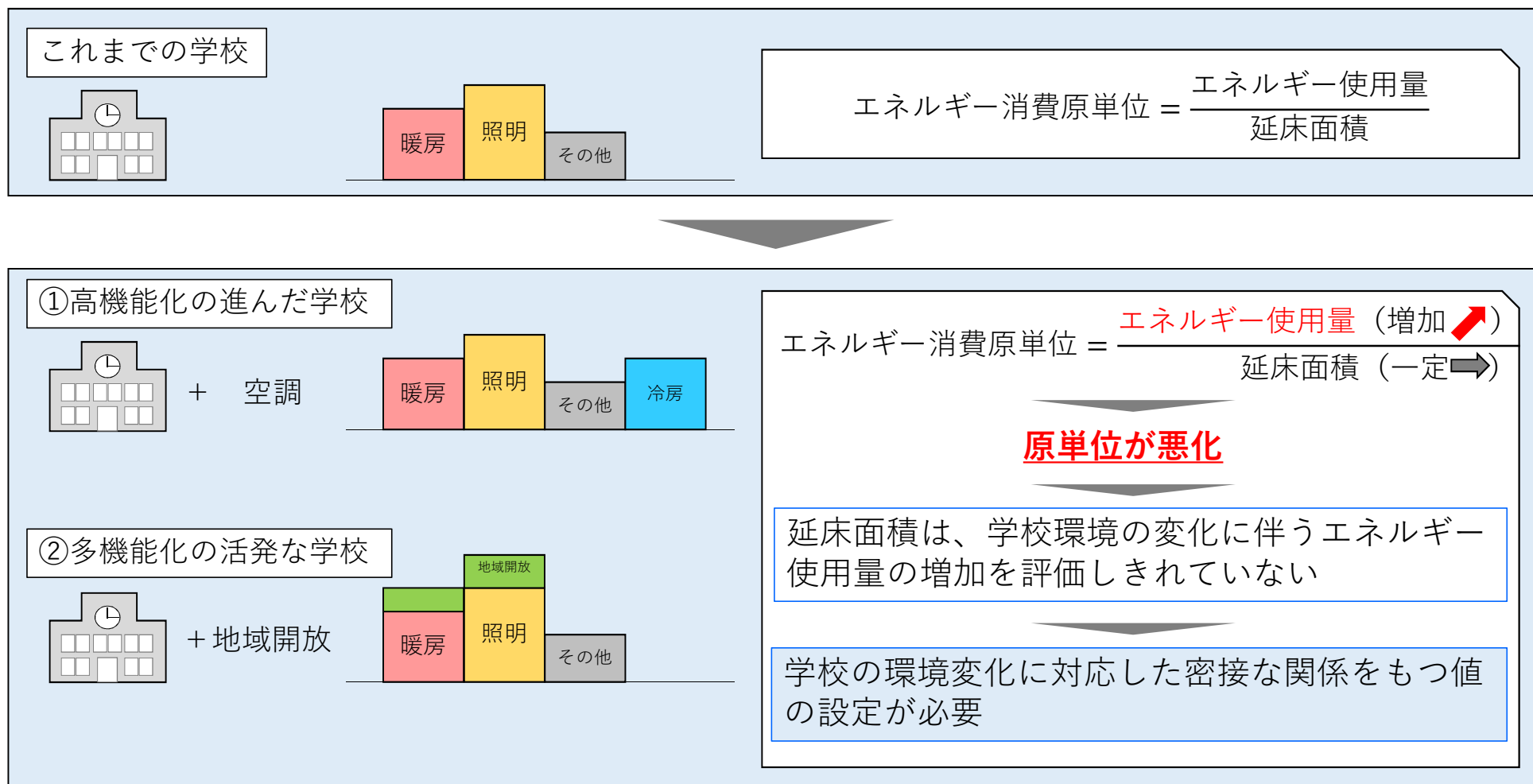
- エネルギー使用量は、活動量や延床面積などの変更によっても増減するため、エネルギー使用量だけの比較では省エネルギー努力の評価が十分には行えない。
- 省エネ法では、エネルギーの削減量ではなく、「エネルギー使用量」を「エネルギー使用量と密接な関係をもつ値」で除した“単位当たりのエネルギー使用量”の変動により評価する。この“単位当たりのエネルギー使用量”を「エネルギー消費原単位」という。
- エネルギー消費原単位による評価は、横並びの評価を目的としておらず、自身の対前年度比や中長期的にみて年平均1%削減したかによって行う。
- 原単位算出にあたっては、分子となるエネルギー使用量は実測値とし、分母となる「エネルギー使用量と密接な関係をもつ値」は、事業者が自ら設定することとされている。なお、運用や環境変化に応じて変更することができる。

エネルギー消費原単位とは、エネルギー消費効率を知るための指標

$$\text{エネルギー消費原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量（実測値）}}{\text{エネルギー使用量と密接な関係をもつ値（自ら設定）}}$$

1. 学校環境の変化に対応した密接な関係をもつ値の検討

- 教育委員会の多くは、学校の原単位に関して、「エネルギーの使用量と密接な関係をもつ値(以下、密接な関係をもつ値とする)」を延床面積に設定
- 近年、学校等では、学校等の高機能化・多機能化に伴うエネルギー使用量の増加により、省エネルギー効果を適切に評価できない状況
- 高機能化・多機能化によるエネルギー増加の主な要因である空気調和設備(以下、空調とする)の設置、地域開放に着目し、それぞれのエネルギー変化に対応した「密接な関係をもつ値」を推計値によって検証



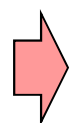
図表 学校環境の変化に伴うエネルギー消費と延床面積を密接な関係をもつ値に設定した原単位の課題

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(1)

STEP 1 密接な関係をもつ値の抽出

- 空調が設置されることで、従来のエネルギー使用量に「空調のエネルギー使用量」が新たに加わることから、空調設置によるエネルギー使用量変化を反映させた「密接な関係をもつ値」の設定が必要
- 空調に伴うエネルギー変化を適切に評価するため、従来の延床面積に、空調設置に係る影響(空調面積に補正係数を乗じた値)を加算

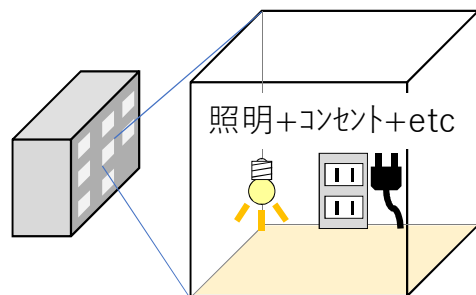
$$\text{原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積}}$$



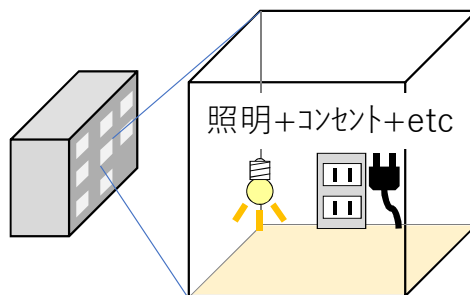
$$\text{原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量} + \text{空調エネルギー}}{\text{延床面積} + \text{空調設置に係る影響}}$$

空調設置に伴い
増加するエネルギー

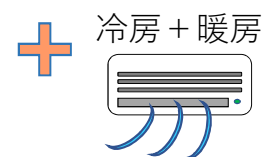
高機能化に対応した密接な関係
をもつ値の設定が必要



延床面積



延床面積



+



空調設置に係る影響

図表：学校のエネルギー変化と密接な関係をもつ値

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(2)

空調設置に係る影響加算による補正 (案)

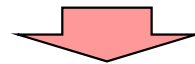
- 「空調設置に係る影響」については、空調面積に空調エネルギーの影響度（「空調以外のエネルギー」に対する「空調エネルギー」の比）を乗じることで算出
- 空調設置に伴う「密接な関係をもつ値」として、延床面積に「空調設置に係る影響」を加算して補正

密接な関係をもつ値

延床面積 + (空調設置に係る影響)



空調設置に係る影響 = 空調面積 × $\frac{\text{空調エネルギー}}{\text{空調以外のエネルギー}}$



エネルギー消費原単位 = $\frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積} + \left(\text{空調面積} \times \frac{\text{空調エネルギー}}{\text{空調以外のエネルギー}} \right)}$

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(3)

STEP 2 モデルケースによる検証

- ・空調設置に係る影響加算による補正(案)の特性を確認するため、モデルケースによる検証を実施
- ・モデルケースの諸元は、教育委員会から提供いただいた小学校30校のデータを基に作成
- ・検証にあたっては、高機能化を想定したいくつかのモデルケースを作成し、密接な関係をもつ値を「延床面積」及び「空調設置に係る影響加算(案)」(以下(案)とする)によるエネルギー消費原単位の変化を比較検証

検証に使用する原単位

$$\text{(延床面積) によるエネルギー消費原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積}}$$

$$\text{(案) によるエネルギー消費原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積} + \left(\text{空調面積} \times \frac{\text{空調エネルギー}}{\text{空調以外のエネルギー}} \right)}$$

モデルケース 1

空調が設置されていない場合のモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	200,000	m ²
空調面積	0	m ²
総エネルギー使用量	30,000	GJ
空調エネルギー	0	GJ
空調以外のエネルギー	30,000	GJ



密接な関係をもつ値	原単位
(延床面積)	0.1500
(案)	0.1500

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(4)

モデルケース 2

空調を設置した場合を想定したモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	200,000	m ²
空調面積	45,000	m ²
総エネルギー使用量	40,000	GJ
空調エネルギー	10,000	GJ
空調以外のエネルギー	30,000	GJ



密接な関係をもつ値	原単位	モデルケース1からの変化率
(延床面積)	0.2000	133%
(案)	0.1860	124%

延床面積よりも増加を抑えている

- (案)の方が(延床面積)に比べて増加を抑えており、空調の設置によるエネルギー変化に対応

空調の設置が進んで空調エネルギーが加わったとしても、「密接な関係をもつ値(案)」は、(延床面積)を用いる場合に比べ、原単位の増加率を抑える特性があることが確認できた。

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(5)

モデルケース 3

空調設置後、空調エネルギーが増加した場合を想定したモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	200,000	m ²
空調面積	45,000	m ²
総エネルギー使用量	45,000	GJ
空調エネルギー	15,000	GJ
空調以外のエネルギー	30,000	GJ

密接な関係をもつ値	原単位	モデルケース1からの変化率	モデルケース2からの変化率
(延床面積)	0.2250	150%	113%
(案)	0.2022	135%	109%

空調の影響を評価しながらもエネルギーの増分を反映

- 「モデルケース2」との比較から、空調エネルギー使用量が増加した場合、どちらも原単位は増加しており、(案)は(延床面積)に比べて増加率が小さい。

モデルケース 4

空調設置後、省エネ等により空調エネルギーが減少した場合を想定したモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	200,000	m ²
空調面積	45,000	m ²
総エネルギー使用量	35,000	GJ
空調エネルギー	5,000	GJ
空調以外のエネルギー	30,000	GJ

密接な関係をもつ値	原単位	モデルケース1からの変化率	モデルケース2からの変化率
(延床面積)	0.1750	117%	88%
(案)	0.1687	112%	91%

空調の影響を評価しながらもエネルギーの減分を反映

- 「モデルケース2」との比較から、空調エネルギー使用量が増加した場合、どちらも原単位は減少しており、(案)は(延床面積)に比べて減少率が小さい。

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(6)

モデルケース 5

空調設置後、空調以外^{以外}のエネルギーが増加した場合を想定したモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	200,000	m ²
空調面積	45,000	m ²
総エネルギー使用量	45,000	GJ
空調エネルギー	10,000	GJ
空調以外のエネルギー	35,000	GJ



密接な関係をもつ値	原単位	モデルケース1からの変化率	モデルケース2からの変化率
(延床面積)	0.2500	150%	113%
(案)	0.2114	141%	114%

- 「モデルケース2」との比較から、空調以外のエネルギー使用量が増加した場合、どちらも原単位は増加しており、エネルギー使用状況の変化を反映している。ただし、(案)は(延床面積)に比べて影響が大きい。

モデルケース 6

空調設置後、省エネ等により空調以外^{以外}のエネルギーが減少した場合を想定したモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	200,000	m ²
空調面積	45,000	m ²
総エネルギー使用量	35,000	GJ
空調エネルギー	10,000	GJ
空調以外のエネルギー	25,000	GJ



密接な関係をもつ値	原単位	モデルケース1からの変化率	モデルケース2からの変化率
(延床面積)	0.1750	117%	88%
(案)	0.1606	107%	86%

- 「モデルケース2」との比較から、空調以外のエネルギー使用量が減少した場合、どちらも原単位は減少しており、エネルギー使用状況の変化を反映している。ただし、(案)は(延床面積)に比べて影響が大きい。

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(7)

【参考】データ収集の方法(補足)

- (案)の算出にあたり、「空調面積」と「空調エネルギー」が必要となる。
それぞれのデータを集める際の参考例

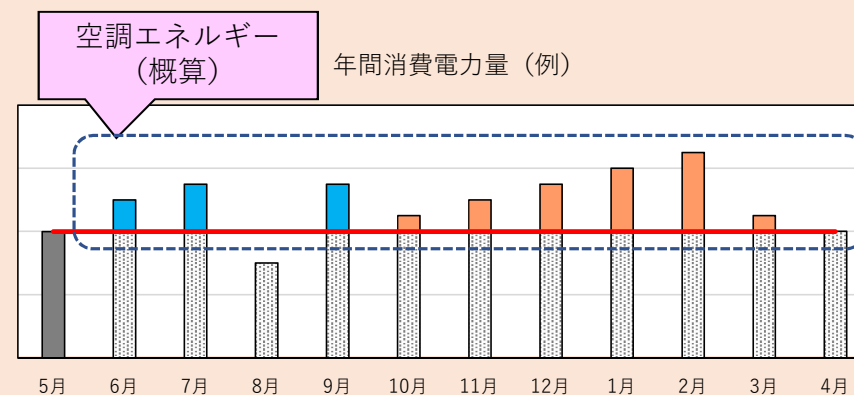
空調面積の把握について

各学校の空調を設置した室を把握するためには、施設関係部署など他の部署との連携も重要となる。図面データ等を使用することで空調面積を算出できるが、教室の面積に大きな違いがなければ、空調を設置している部屋の面積に、空調を設置している部屋数を掛けて概算的に求めることも有効だと考えられる。

空調エネルギーの概算方法(例)

空調エネルギーを個別に計測できない場合は、以下の方法で概算することができる。

- ①年間の消費電力量をとりまとめる。
- ②空調設備を使っていない5月の消費電力量をベースとする。
- ③その他の月で、ベースの消費電力量を上回った分を足す。
このベースを上回った分の和が、年間の空調エネルギーの概算となる。



図表 年間空調エネルギーの概算方法

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(8)

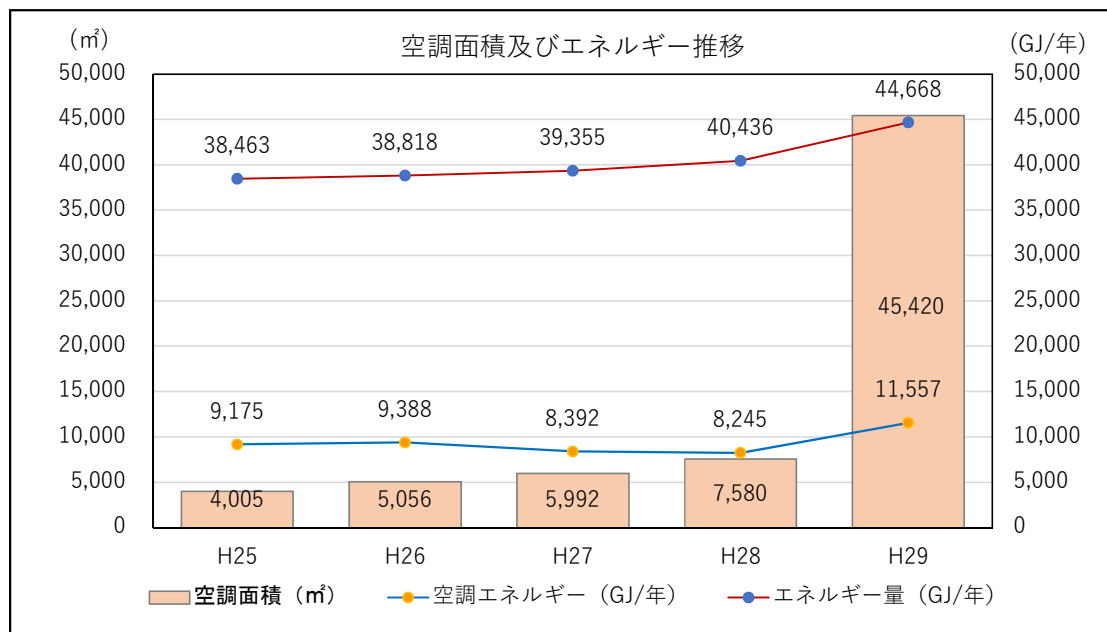
5年度間モデルケースの検証

- A教育委員会から提供いただいたデータ(小学校30校)を基に、密接な関係をもつ値(案)の検証を実施

諸元		H25	H26	H27	H28	H29
延床面積	(㎡)	196,769	196,769	196,769	196,769	196,769
空調面積	(㎡)	4,005	5,056	5,992	7,580	45,420
総エネルギー使用量	(GJ)	38,463	38,818	39,355	40,436	44,668
空調エネルギー	(GJ)	9,175	9,388	8,392	8,245	11,557
空調以外のエネルギー	(GJ)	29,288	29,430	30,963	32,191	33,111

(空調エネルギー使用量は年間のエネルギー使用量より概算で算出)

図表：A教育委員会の5年間度間データ



図表 A教育委員会の空調面積及びエネルギー推移

- 空調設備の設置は年々微増していたが、平成29年度に一斉に整備が進んだ。
- 空調エネルギーは、増減があるものの、空調設備の設置が進んだ平成29年度の増加が顕著である。
- 総エネルギー使用量は、年々増加しており、空調エネルギーの増加と併せて平成29年度が顕著である。
- 延床面積に変化はない。

2. 高機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(9)

各値を入力して原単位を算出した結果、以下のようになった。

密接な関係をもつ値	エネルギー消費原単位		H25	H26	H27	H28	H29	5年度間平均原単位変化
(延床面積)	$\frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積}}$	原単位	0.1955	0.1973	0.2000	0.2055	0.2270	
		対前年度比		101%	101%	103%	110%	103.8%
(案)	$\frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積} + \left(\text{空調面積} \times \frac{\text{空調エネルギー}}{\text{空調以外のエネルギー}} \right)}$	原単位	0.1942	0.1957	0.1984	0.2035	0.2101	
		対前年度比		101%	101%	103%	103%	102.0%



(延床面積) : 総エネルギー使用量の増加に伴い、原単位も増加

(案) : 空調の整備が集中した平成29年度の原単位は増加しているものの、対前年度比は103%に抑えられている。

5年度間平均原単位変化も当然ながら増加が抑えられており、平成29年度の原単位が基準となる4年後の算出の際にも非常に効果がある。

3. 多機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(1)

STEP 1 密接な関係をもつ値の抽出

- 授業時間外も学校施設が利用されることによりエネルギー使用量が増加するため、地域開放による学校のエネルギー変化を適切に評価する密接な関係をもつ値の検討が必要
- 「地域開放に係る影響」について、地域開放による「利用面積」に「授業時間に対する地域開放時間の比」を乗じて算出。地域開放に伴う密接な関係をもつ値として、延床面積に「地域開放に係る影響(案)」(以下(案)とする)を加算

$$\text{原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積}}$$



$$\text{原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量} + \text{地域開放エネルギー}}{\text{延床面積} + \text{地域開放に係る影響(案)}}$$

多機能化に対応した密接な関係をもつ値の設定が必要

地域開放に伴い増加するエネルギー

密接な関係をもつ値

延床面積 + (地域開放に係る影響)

$$\text{地域開放に係る影響} = \text{利用面積} \times \frac{\text{地域開放エネルギー}}{\text{従来のエネルギー}}$$

時間で代用

$$\frac{\text{地域開放時間}}{\text{授業時間}}$$

$$\text{エネルギー消費原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積} + \left(\text{利用面積} \times \frac{\text{地域開放時間}}{\text{授業時間}} \right)}$$

3. 多機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(2)

STEP 2 モデルケースによる検証

- ・ (案) による特性を確認するため、モデルケースによる検証を実施
- ・ モデルケースの諸元は、地域開放を積極的に導入している小学校から提供いただいたデータを基に作成
- ・ 検証にあたっては、多機能化を想定したいくつかのモデルケースを作成し、密接な関係をもつ値を(延床面積)及び(案)によるエネルギー消費原単位の変化を比較検証

検証に使用する原単位

$$\text{(延床面積) によるエネルギー消費原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積}}$$

$$\text{(案) によるエネルギー消費原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積} + \left(\text{利用面積} \times \frac{\text{地域開放時間}}{\text{授業時間}} \right)}$$

モデルケース 1

地域開放をしていない場合のモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	10,000	m ²
総エネルギー使用量	7,000	GJ
授業時間	1,400	H
利用面積	0	m ²
地域開放時間	0	h
地域開放によるエネルギー使用量	0	GJ
地域開放以外のエネルギー使用量	7,000	GJ

密接な関係をもつ値	原単位
延床面積	0.7000
案	0.7000

※授業時間は、7h/日×20日×10ヵ月として算出
(春、夏、冬休み除く)

3. 多機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(3)

モデルケース 2

地域開放を導入した場合を想定したモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	10,000	m ²
総エネルギー使用量	7,475	GJ
授業時間	1,400	h
利用面積	800	m ²
地域開放時間	1,000	h
地域開放によるエネルギー使用量	475	GJ
地域開放以外のエネルギー使用量	7,000	GJ



密接な関係をもつ値	原単位	モデルケース1からの変化率
(延床面積)	0.7475	107%
(案)	0.7071	101%

- (案)は(延床面積)に比べて増加率を抑えており、地域開放によるエネルギー変化に対応

地域開放の導入によりエネルギー使用量が増加しても、(案)は(延床面積)に比べて、原単位の増加率を抑える特性があることが確認できた。

3. 多機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(4)

モデルケース 3

地域開放で利用する時間が長くなった場合を想定したモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	10,000	m ²
総エネルギー使用量	7,951	GJ
授業時間	1,400	h
利用面積	800	m ²
地域開放時間	2,000	h
地域開放によるエネルギー使用量	951	GJ
地域開放以外のエネルギー使用量	7,000	GJ

密接な関係をもつ値	原単位	モデルケース1からの変化率	モデルケース2からの変化率
(延床面積)	0.7951	114%	106%
(案)	0.7135	102%	101%

- 「モデルケース2」との比較から、どちらも原単位は増加しており、(案)は(延床面積)に比べて増加率が小さい。

モデルケース 4

地域開放で利用する場所が増えた場合を想定したモデルケース。

諸元	値	単位
延床面積	10,000	m ²
総エネルギー使用量	8,291	GJ
授業時間	1,400	h
地域開放以外のエネルギー使用量	7,000	GJ
教室	利用面積	800 m ²
	地域開放時間	1,000 h
	地域開放によるエネルギー使用量	475 GJ
特別教室	利用面積	800 m ²
	地域開放時間	1,000 h
	地域開放によるエネルギー使用量	815 GJ

密接な関係をもつ値	原単位	モデルケース1からの変化率	モデルケース2からの変化率
(延床面積)	0.8291	118%	111%
(案)	0.7441	106%	105%

- 「モデルケース2」との比較から、原単位は増加するが(案)は(延床面積)に比べて増加率が小さい。

3. 多機能化に対応した密接な関係をもつ値(案)の検討(5)

5年度間モデルケースによる検証

- B小学校から提供いただいたデータを基に、密接な関係をもつ値(案)の検証を実施

【従来利用分】 諸元		値
延床面積	m ²	10,006
総エネルギー使用量	GJ	7,160
授業時間	h/年	1,400

※授業時間は、7h/日×20日×10ヵ月として算出
(春、夏、冬休み除く)

図表：B小学校の平成29年度データ

【地域開放分】 諸元		(a) 体育館	(b) 音楽室	(c) 音楽室	(d) ホール	(e) 和室
床面積	m ²	783	250	94	125	52
エネルギー使用量	GJ	1,874	448	269	1,011	80
利用時間	h/年	1,211	66	15	104	3

※利用場所、利用時間は、B小学校の地域開放予約表より集計し算出
※エネルギー使用量は「平成28年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説」より試算

図表：地域開放に利用する場所ごとの試算データ

地域開放に利用する場所を年度ごとに順次拡大するケースを想定し、原単位を算出した結果、以下のようになった。

密接な関係をもつ値	エネルギー消費原単位	年度	H25	H26	H27	H28	H29	5年度間 平均原単位 変化
		地域開放場所	なし	a	a,b	a,b,c	a,b,c,d,e	
(延床面積)	$\frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積}}$	原単位	0.5758	0.6968	0.7034	0.7049	0.7156	105.6%
		対前年度比		121%	101%	100%	102%	
(案)	$\frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積} + \text{利用面積} \times \frac{\text{地域開放時間}}{\text{授業時間}}}$	原単位	0.5758	0.6307	0.6322	0.6325	0.6367	102.5%
		対前年度比		110%	100%	100%	101%	

(延床面積)：総エネルギー使用量が増加するため、原単位も増加

(案)：地域開放場所の増加に伴ってエネルギー使用量が増加するため、原単位も増加する。

しかし、(延床面積)と比べて増加率は抑えられている。5年度間平均原単位変化も同様である。

4. まとめ

高機能化の場合のエネルギー消費原単位の設定

延床面積に「空調設置に係る影響」を加算して補正する方法は、延床面積のみの場合に比べて、空調の設置によるエネルギー変化に対応できることが確認できたことから、高機能化を進めている場合の設定に有効といえる。

$$\text{エネルギー消費原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積} + \left(\text{空調面積} \times \frac{\text{空調エネルギー}}{\text{空調以外のエネルギー}} \right)}$$

留意点

- ・空調面積の推移及び空調エネルギーの推移の把握が必要
- ・空調の整備が完了している学校等では、空調設置による影響が小さくなるため、延床面積による原単位設定が有効

多機能化の場合のエネルギー消費原単位の設定

延床面積に「地域開放に係る影響」を加算して補正する方法は、延床面積のみの場合に比べて、地域開放の導入及び増加に伴うエネルギー変化に対応できることが確認できたことから、地域開放を進めている場合の設定に有効といえる。

$$\text{エネルギー消費原単位} = \frac{\text{エネルギー使用量}}{\text{延床面積} + \left(\text{利用面積} \times \frac{\text{地域開放時間}}{\text{授業時間}} \right)}$$

留意点

- ・地域開放の場所ごとに利用面積及び利用時間の推移の把握が必要
- ・地域開放を積極的に取り入れており、今後は地域開放が増加することが見込めない場合は、地域開放による影響が小さくなるため、延床面積による原単位管理が有効