

学校エコ改修が学習環境及び環境教育へ及ぼす影響の考察

環境都市専攻 建築都市デザインコース 6143120014-6 須田 匡英
(指導教員 近本智行)

はじめに

近年、環境問題の深刻化や学校施設の老朽化から、再生整備による環境配慮型への転換という視点で既存の学校施設をいかに改修し、長期的に利用していくかが重要視されている。また、地球環境問題の深刻化に伴い、持続可能な社会の構築、それに貢献できる人材の育成が求められている。こうした中、環境省は小中学校における環境改善や環境教育の充実を図るため、「学校エコ改修と環境教育事業」^{注1)}(以下：エコフロー事業)を開始した。この事業は平成17年度より開始され、全国で23校選定された。しかしながら、この事業で改修された学校において、改修前後における学習環境の変化を評価するとともに、環境教育への影響や改修項目を教材として利用した学習実態を継続的に調査した研究は少ない。

本研究では、エコフロー事業のモデル校に選定されたK市立S小学校において、断熱性の向上、採光の改善、節電効果等を具体的に把握することを目的として、改修前後の夏季・冬季に実測を行い、温熱環境や光環境、電力使用状況を比較検証することで、学校エコ改修が及ぼす学習環境への影響の評価を行う。また、改修前、改修後1年目、2年目に行う環境教育に関するアンケート調査を比較・考察することで、学校エコ改修が及ぼす環境教育への効果及び改修項目を教材とした学習に関する実態や継続性を示すことを目的とする。

1. 調査概要

1.1 実測調査概要

調査対象はエコフロー事業の平成21年度モデル校であるK市立S小学校とする。同校は平成24年3月に改修工事が竣工した。学校概要と主な改修の内容を表1に示す。また、実測概要及び調査内容を表2に示す。

1.2 アンケート調査概要

アンケート調査概要および回収状況を表3に、質問項目を表4に示す。

結果の集計・分析方法は以下の通りである。

単純集計 環境教育の全体の計画及び教師と児童生徒(以降「児童」と略称する)の学習実態を把握する。

クロス集計 教師と児童の見方・行動を比較し、教師の教育に対して児童の実践度合を把握する。また、各改修項目に対する教員の教育と児童の興味についての関係性を分析する。

表1 学校概要

対象	K市立S小学校		
構造	北校舎:鉄筋コンクリート造3階建(延床面積:2,150㎡) 南校舎:鉄筋コンクリート造2階建(延床面積:2,040㎡)		
特徴	H16:校舎の耐震改修工事 H18:普通教室空調設備設置 H21:「学校エコ改修と環境教育事業」モデル校選定 (H21.12-H22.3:エコ改修検討会 H21.12-H24.2:環境教育研究会) H23.7-H24.3:改修工事(改修延床面積:4,190㎡ 増築延床面積:172㎡)		
改修項目	温熱環境への配慮	教室外壁:内断熱+内装更新 屋上:外断熱+防水更新 日射調整庇(遮蔽+ライトシェルフ)	教室窓:ペアガラス化 バランス式重力換気窓 屋上緑化
	自然エネルギーの活用	太陽光発電パネル 雨水貯留槽	内部建具更新(3連ガラス引戸) 風力発電装置 ペレットストーブ
	省エネ機器の採用	高効率照明への更新	昼光センサー・人感センサー LED照明
	環境教育の連携	断熱比較壁の設置	エコ改修説明サインの設置 エコモニター
	自然との共生	ビオトープ	グリーンカーテン 防砂林

表2 実測概要及び調査内容

調査時期(夏季)	改修前 平成22年7月上旬~9月上旬	改修後 平成24年7月上旬~9月上旬
調査時期(冬季)	改修前 平成22年1月下旬~2月	改修後 平成25年1月下旬~3月上旬
調査項目	調査方法	
表面温度	サーモカメラにより、 熱画像/可視画像を撮影	夏季:真夏日日中 冬季:冬日日中
温度・湿度	データロガー、グローブ温度計にて、 温湿度、グローブ温度を測定	夏季:真夏日を含む10日間 冬季:冬日を含む10日間
照度分布	照度計にて、 教室内照度、屋外照度を測定	夏季:真夏日日中 冬季:冬日日中
電力消費量	データ遠隔監視システム及び小型電 力量センサー、エコモニターにより計測	夏季:真夏日を含む10日間 冬季:冬日を含む10日間

表3 アンケート調査概要

	改修前	改修後1年目	改修後2年目
調査期間	平成23年 11月下旬~12月上旬	平成24年 12月上旬	平成25年 12月上旬
対象教員	1~6年及び特別支援学級担当教員		
対象児童	3~6年生	4~6年生及び 特別支援学級	4~6年生
配布数	213	165	160
回収数 (回収率)	212 (99.5%)	163 (98.8%)	153 (95.6%)
回収内訳	教員:13 児童:199	教員:14 児童:149	教員:11 児童:142

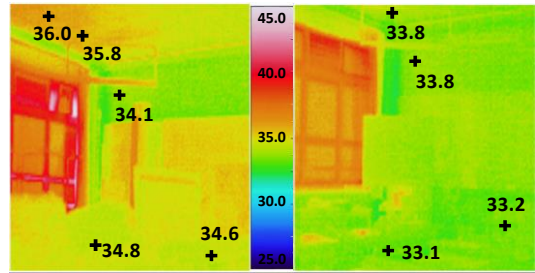
表4 アンケート調査質問項目^{注2)}

	児童	教員
基本的質問項目	自然・環境への興味	環境教育への意識
	学習内容及び活動への興味	環境教育整備状況の把握
	自然観察場所の把握	学習活動の有効性
	環境行動の実践	環境行動に関する教育の積極性
	環境学習の家庭への周知	環境教育の家庭への周知
	ホームページの閲覧	エコ改修への期待・興味
	学校エコ改修への興味	環境教育への不安・問題点
改修前追加質問項目	環境用語の理解	—
改修後1年目追加質問項目	改修項目への興味	改修項目の教材利用とその可能性
改修後2年目追加質問項目	改修項目への興味	環境教育の経験 前担任との環境教育に関する引継ぎ 改修項目の教材利用とその可能性 学校エコ改修の意義・内容の理解

2. 夏季実測結果

2.1 サーモカメラによる表面温度調査

対象校では、改修前後の効果を確認できるように未改修の教室を残して改修工事を実施している。本研究の表面温度調査では、その未改修教室と隣接する改修教室の比較を行うことにより、改修前後の効果を検証した。改修教室は未改修教室よりも窓側付近の天井で約 2.2℃、壁面で約 0.3℃、床面付近においては 1.4~1.7℃下がった。また窓枠付近の表面温度の上昇が抑えられていることも分かり、改修後における断熱性能の向上が確認できた(図1)。



※撮影：2012年8月9日13時頃

図1 【夏季】サーモカメラによる熱画像
(左：未改修教室 右：改修教室)

2.2 温度調査

温度調査も表面温度調査と同様に、改修教室と未改修教室で比較・検証を行った(図2)。8月では、改修教室の方が未改修教室よりも室内温度は最大で 1.4℃、グローブ温度は 1.7℃、平均では室内温度、グローブ温度ともに 0.7℃低くなった。また、9月の室内温度は最大で 2.0℃、グローブ温度は 2.3℃、平均では室内温度が 1.2℃、グローブ温度が 1.3℃低くなり、改修による断熱性能の向上が確認された。

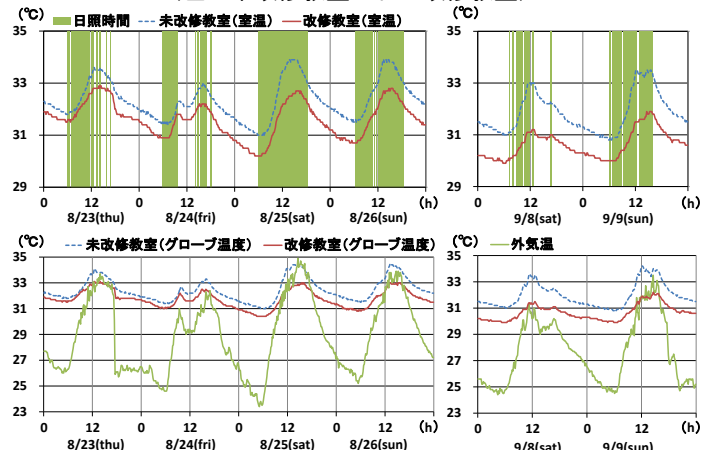


図2 【夏季】未改修教室と改修教室の温度比較

2.3 電力消費量調査

電力消費量調査は調査期間の中で外気温の差が小さく、学校が運用されている平日の5日間で比較を行った(図3)。5日間の総電力消費量は改修前で 3031kWh、改修後では 2575kWh となり、約 15%削減された。特に電灯電力消費量が改修前と比べて大きく削減されており、削減量の約 77%を占めている(図4)。

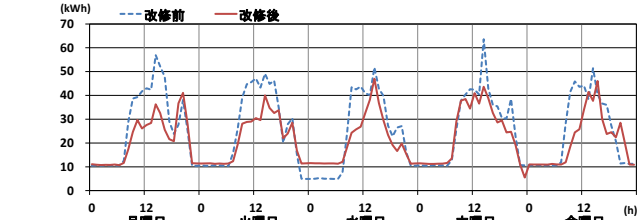


図3 【夏季】改修前後の総電力消費量の比較

2.4 照度分布調査

照度分布調査では、改修教室での照明無と照明有(廊下側のみ)の比較を行った(図5)。日射遮蔽庇^{注3)}を取り付けた改修教室では、照明を消した状態でも照度基準^{注4)}の値を満たしており、十分な照度を確保できていることが示された。また室内照度の均一さを求めるため、均斉度を算出したところ、照明無で 0.44、照明有で 0.59 と、どちらも学校環境衛生の基準^{注5)}の条件を満たしていた。これは内部建具が更新され廊下側の採光面積が増したことと、設置された日射遮蔽庇により間接光が教室内部まで採り入れられたためと考えられる。また、上記の結果によって電灯使用の割合が減少し、改修が電力消費量の削減に貢献していると推測される。

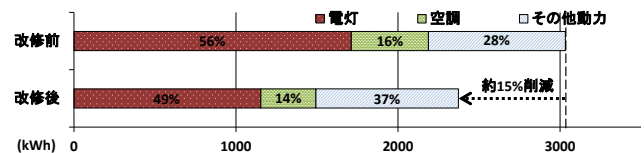


図4 【夏季】改修前後の電力消費量の内訳

3. 冬季実測結果

3.1 サーモカメラによる表面温度調査

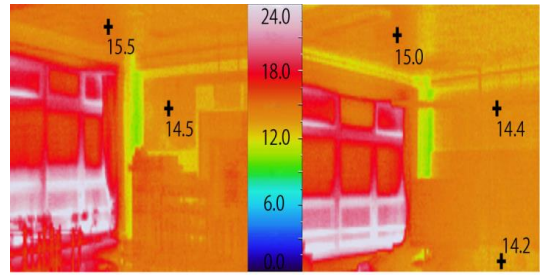
夏季実測と同様に未改修教室と改修教室での比較を行ったが、夏季調査結果程の効果は確認できなかった(図6)。その原因として、未改修教室は基本的に閉鎖環境であるが、その他の普通教室では、インフルエンザ対策として定期的に換気が行われていることが考えられる。

場所		改修教室(南校舎2階)	
日時		改修後:平成24年7月27日(金)日中	
条件		カーテン無/照明無	カーテン無/照明一部(廊下側)有
結果	窓側	1473	1380
	廊下側	786	1107
	後	552	753
	窓側	1067	1060
	廊下側	981	1263
	後	623	850
	窓側	4073	4513
	廊下側	1263	1267
	後	656	796
	均斉度	0.44	0.59

図5 【夏季】照度分布^{注6)}

3.2 温度調査

夏季実測と同様に未改修教室と改修教室での比較を行った(図7)。改修教室では平日に空調が使用されているため、単純に比較することはできないが、昼間から夜間にかけての室温の低下が改修教室は未改修教室に比べて抑制されていることが確認できる。また、未改修教室は日射の影響を大きく受けているが、改修教室では断熱等によってその影響を抑制していることが確認された。



※撮影：2013年2月10日14時頃
 図6 【冬季】サーモカメラによる熱画像
 (左：未改修教室 右：改修教室)

3.3 電力消費量調査

改修前と改修後の連続する5日間の調査結果を比較した(図8)。夏季調査結果程の効果は見られなかったが、5日間の総電力消費量は改修前で1812kWh、改修後では1550kWhとなり、約14%削減された(図9)。

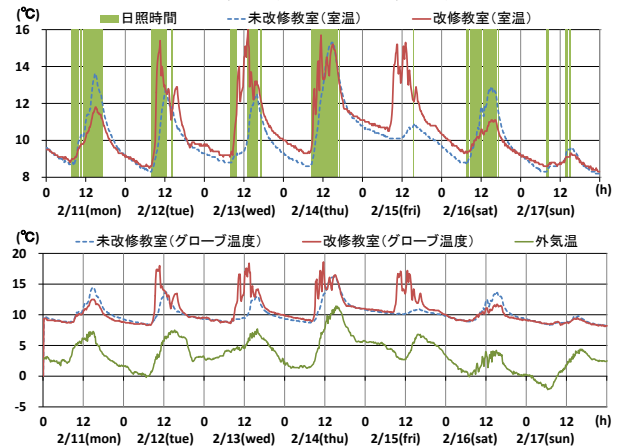


図7 【冬季】未改修教室と改修教室の温度比較

3.4 照度分布調査

夏季実測同様、改修教室では、照明を消した状態でも照度基準の値を満たしており、十分な照度を確保できていることが示された。また均斉度も照明無で0.44、照明有で0.58と夏季実測と同様にどちらも学校環境衛生の基準の条件を満たしていた(図10)。

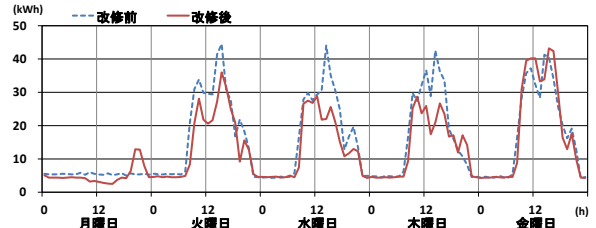


図8 【冬季】改修前後の総電力消費量の比較

4. アンケート調査結果

4.1 教員の教育実態

教員の赴任年度を改修前後でまとめると、改修前から在籍する教員は改修後1年目で7名、2年目で3名と改修後1年目、2年目となるにつれて、改修前の施設や事業内容を知る教員は大幅に減少していることがわかった(図11)。またそれに伴い、環境教育の必要性に対して、「必要である」と回答する教員の割合が年々減少している(図12)。しかしながら、現行の環境教育について満足する割合は上昇しており、他校に比べて環境教育に対する整備が整っていることが言える(図13)。

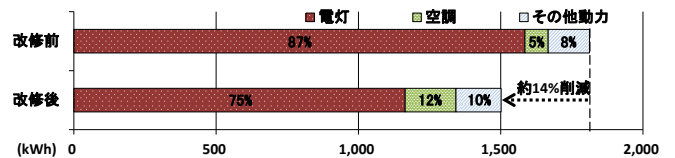


図9 【冬季】改修前後の電力消費量の内訳

4.2 児童の学習実態

改修前に比べ改修後では、自然や環境に興味を持つ児童の割合が上昇しており、改修後2年目でも概ねその割合を維持できていることが分かった(図14)。アンケート対象である児童は改修前からこの学校に在籍しており、改修によってビオトープや屋上緑化などが設置されたため、自然や環境に触れる機会が増えたことが要因として考えられる。

4.3 家庭への周知

学校で行われる環境に関わる取組について、家庭へ周知する教員の割合を見ると、改修前に比べて改修後の方が「よく伝える」と回答する割合が減少している(図15)。これも環境教育の必要性と同様、改修前を知らない教員の増加が大きく影響していると考えられる。また、児童が家庭へ周知する割合を見ると、「よく話す」又は「時々話す」と回答した割合が改修後に増加しており、改修後2年目でもその割合を概ね維持している(図16)。

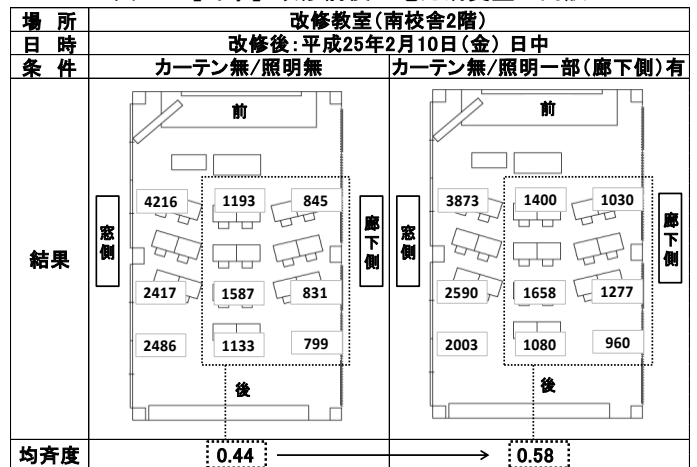


図10 【冬季】照度分布

4.4 環境行動^{注7)}

環境行動について教員の教育の積極性と児童が行動する割合をクロス集計にてまとめると、節電行動（図 17）及び空調の設定温度の緩和に対する行動（図 18）共に、教員が教育し、児童が行動する割合が改修後に上昇し、2年目でも概ねそれを維持する結果となった。

4.5 改修項目の教材利用

改修後 1 年目に聞いた、「各改修項目を今後教材として利用したい教員と興味を持つ児童の割合」と改修後 2 年目での「各改修項目の教材利用と興味を持つ児童の割合」を比較したところ、ほぼ同様の改修項目が上位を占める結果となった（図 19）。これにより、今後使用できると考えられていた改修項目を次年度では教材として反映し、使用できていることがわかる。また、各改修項目の教材利用と興味を持つ児童の割合に関する相関関係を見ると、2 年目で傾きが緩やかになっているものの、両方で児童の興味に対する教育の有効性が確認できた（図 20）。

4. まとめ

- 1) 各種実測調査の比較により、改修による温熱環境や光環境の改善効果及び節電効果が確認された。
- 2) 環境教育に関するアンケート調査より、教員の異動が児童の興味や家庭への周知、環境行動等に与える影響は少なく、改修によってその意識は向上し、継続的に維持されていることが確認された。
- 3) 改修項目の教材利用では、教員が利用できると感じた改修項目を次年度に教材として利用できていること、改修項目を使用した教育が児童の興味に有効的に作用することを示した。

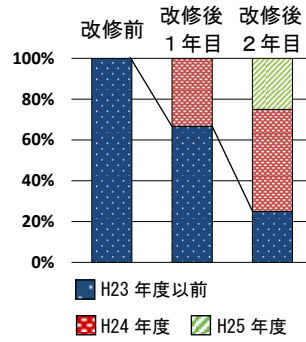


図 11 赴任年度

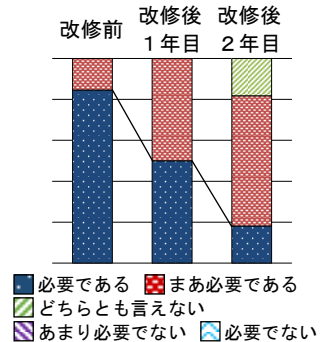


図 12 環境教育への意識

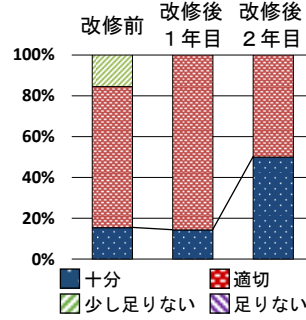


図 13 現行の環境教育

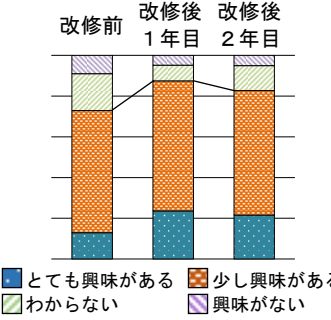


図 14 自然や環境への興味

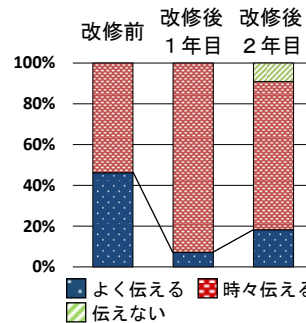


図 15 [教員]家庭への周知

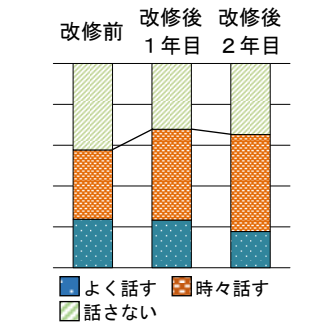


図 16 [児童]家庭への周知

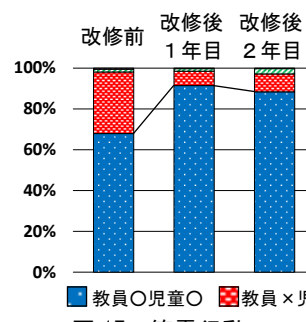


図 17 節電行動

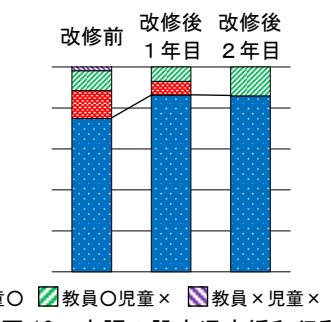


図 18 空調の設定温度緩和行動

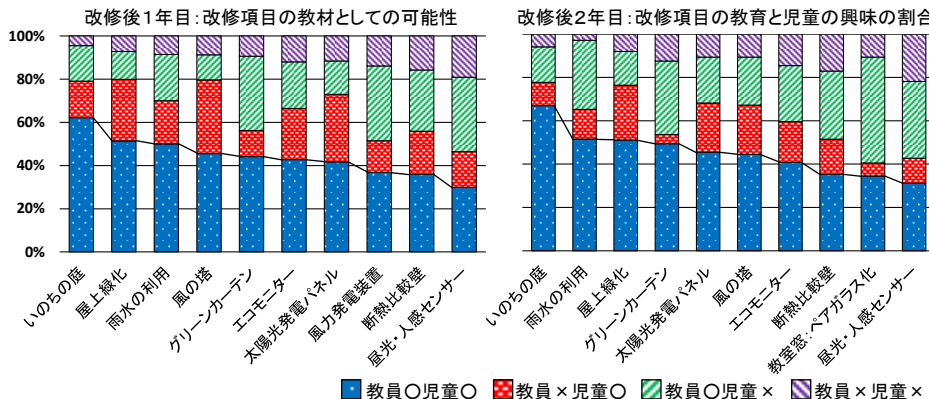


図 19 改修項目の改修後 1 年目の教材利用の可能性と 2 年目の教材利用の実態^{注8)}

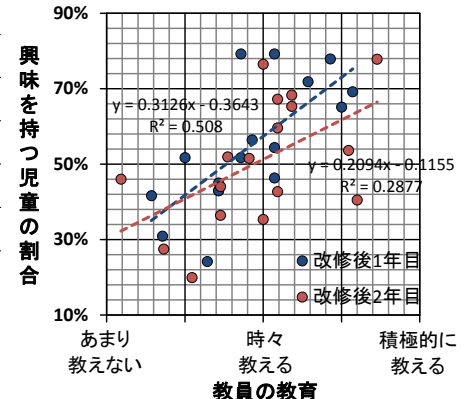


図 20 改修項目の教育と興味に関する関係

【注釈】注 1)環境省、文部科学省、農林水産省、経済産業省が連携協力して、環境に配慮した学校施設のモデルの整備を推進している事業 注 2)教員、児童用のアンケートは共に複数選択方式が主であるが、同じ設問に対して聞き方が異なる場合がある 注 3)奥行の深い下段と奥行の浅い上段の 2 枚で構成されており、直射日光を反射することで、自然光を室内の奥まで採り込む装置 注 4)日本工業規格照度基準 JIS Z 9110 参照。教室における照度の下限値は 300lx とし、教室及び黒板の照度は 500lx 以上であることが望ましいとされる 注 5)学校保健安全法第 6 条第 1 項の規定に基づき、定められた基準。教室の最大照度と最小照度の比は、20:1 を超えないこと。また、10:1 を超えないことが望ましいとされる 注 6)本研究では室内の奥まで自然光が取り込まれているかを確認するために窓側照度を除いた均斉度を求めた（点線枠内）注 7)教員は各項目に対して積極的に教えているかの 4 段階評価（積極的に教える、時々教える、あまり教えない、全く教えない）、児童はそれらを学校または家庭で実践しているかの 3 段階評価（いつもする、ときどきする、しない）で回答 注 8)17 項目中上位 10 項目を掲載