

トピックス

上海万国博覧会における低炭素化の取り組み

宮本捷二

水素エネルギー協会 個人会員

shoji-miyamoto@m3.gyao.ne.jp

1. はじめに

中国2010上海万国博覧会（上海万博）は、「より良い都市、より良い生活（Better City, Better Life）」をテーマに、2010年5月1日から10月31日の6ヶ月間開催される。[1]

この上海万博はグリーン万博として、CO₂ 排出量ゼロを目指した初めての万博として、国をあげてさまざまな取り組みが進められている。

2010年1月15日に上海万博の準備状況を視察した胡錦濤国家主席が「万博の開催は中国の大事である。全国の力を尽くすだけでなく世界の知恵を集めて成功を確保すべし。」と述べられたように、国の威信をかけた事業である。

本稿では、2009年10月23日～24日に上海にて開催された「長城国際再生可能エネルギーフォーラム（GWREF：Great Wall Renewable Energy Forum 2009）」[2] における上海万博セッションでの発表内容や、[3]～[7] ニュース情報、関連ホームページ情報などを基に、上海万博における低炭素化の取り組み状況について述べる。

2. 2010年上海万国博覧会の概要 [1]

上海万博は上海市南東部の南浦大橋（Nanpu Bridge）から盧浦大橋（Lupu Bridge）までの黄浦江（Huangpu River）

両岸の地区328 haにて開催される。写真1,2 に、昨年10月末、盧浦大橋より筆者が見た建設中の会場を示す。

今回の万博は過去最大の規模で、192ヶ国と国際組織50団体、計242の出展が予定されている。また入場者数は、これまで最大であった大阪万博の6,422万人を越す、7,000万人以上を予想している。

図1に上海万博のロゴとマスコットを示す。ロゴは、漢字の「世」に似ており、数字の「2010」と巧みに組み合わせられて、中国人民が共に世界的、多元文化融合的な博覧会を開催する強い願望を表している。

マスコットは「海宝(Haibao)」で、「世界各地の宝」を意味している。

海宝は漢字の「人」をモチーフにしており、「人間」の都市多元文化融合の理想を示すものである。

広大な会場の中で、図2 に示す中央の万博軸と呼ばれる万博大通りは、地下2階、地上2階の半オープン式の建築で大型商業施設となつ



図1. ロゴとマスコット [1]

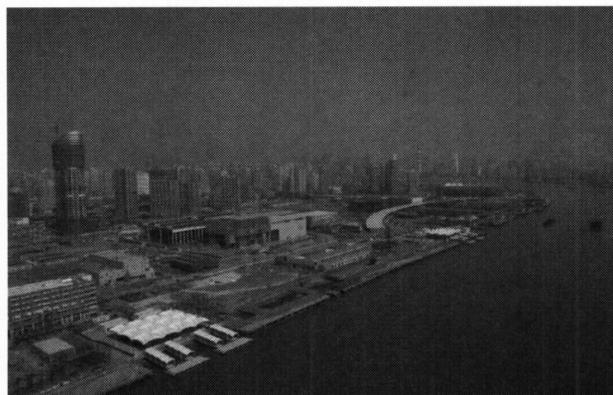


写真1. 建設中の上海万博会場（黄浦江北岸地区）



写真2. 建設中の上海万博会場（黄浦江南岸地区）

ており、万博会場における人の流れのメイン通路である。万博の入場者数は1日平均40万人、最大80万人と想定されており、万博大通りの通行は最大で4万2千人時と予測されている。

図3の中国館は「東洋の冠」をテーマとしたもので、会場で一番高い建物である。

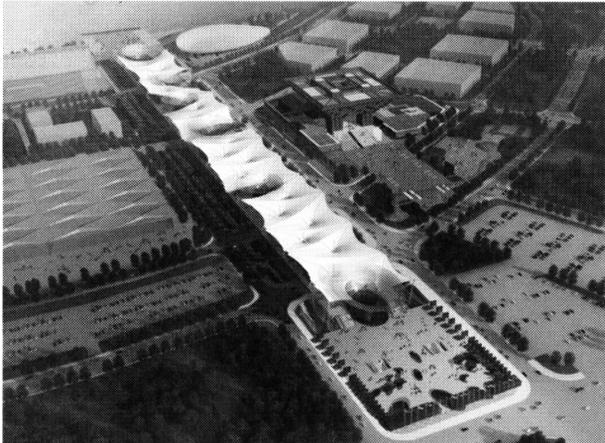


図2. 万博大通り (万博軸) [1]



図3. 中国館 [1]

万博大通りと、近くに配置されている、中国館、テーマ館、文化センター、万博センターの1軸4館は恒久的な建築物であり、万博終了後も活用が予定されている。

これらの建築物は、エコ建築として国の各種省エネ基準に基づくとともに、米国グリーンビルディング協会 (USGBC) のグリーンビルディング評価制度を参考にし、様々な低炭素化に対する考慮がなされている。勿論他のパビリオンについても同様の取り組みがなされているが、具体的な内容については万博ホームページならびに各パビリオンのホームページを参照頂きたい。 [1]

3. 北京オリンピックにおけるCO₂削減実績 [3]

上海万博は、2008年8月に開催された北京オリンピックに続く、中国の威信をかけた国際的なイベントである。北京オリンピックで実施された低炭素化の対策は、万博における取り組みにも生かされるものである。

北京オリンピックによるCO₂排出量の増加は、表1 (a) に示すごとく118万トンと推定された。これに対し、各種の技術的対応や緑化、汚染物質排出企業の一時的休業、車両の通行制限など、表1 (b) に示す対策の実施によって108.3万トンの削減がなされた。これにより北京オリンピックにおけるCO₂排出の増加と削減はほぼバランスしたとしている。

なお、ここでの車両の通行制限は、ナンバープレートの奇数・偶数によって乗り入れを規制するもので、1日40万台の削減となった。また、これらの対策で大気汚染物質は2007年比で1/2になったと言われている。

表1. 北京オリンピックのCO₂排出量と削減量

(a) CO₂ 排出量

| 排出項目 | CO ₂ 排出量 (万t) |
|-------------|--------------------------|
| 国内交通・観光 | 98.0 |
| 会場建設・運営 | 10.0 |
| 参加選手の交通・宿泊 | 8.0 |
| オリンピック委員会活動 | 2.0 |
| 計 | 118.0 |

(b) CO₂ 削減量

| 削減項目 | CO ₂ 削減量 (万t) |
|--------------|--------------------------|
| バスなど公共自動車の対策 | 2.0 |
| 可能エネルギーの活用 | 0.1 |
| 省エネ照明・建築 | 0.1 |
| 排出企業の休業 | 14.6 |
| 車両通行制限 | 85.0 |
| 緑化努力 | 6.5 |
| 計 | 108.3 |

4. 上海万博におけるCO₂削減の取り組み方針

上海万博は、その建設と実施にあたって、省エネと環境保護に配慮する事で、都市と環境を調和させ、万博地区をエコロジー都市、調和都市のモデルとする計画である。

すなわち、「低炭素万博」「CO₂排出ゼロ万博」として、これまでに無いレベルに挑戦するものである。

新聞報道によれば、期間中のCO₂発生は900万トンになると予想しており、これに対して電気自動車などの導入で150万トンのCO₂を削減し、残りの750万トンは、来場者が排出量取引へ資金参加する事で対応して、CO₂排出ゼロを目指す計画である。[8]

来場者は「万博エコ外出」Web上の「炭素計算機」に出発地などを入力する事により、自分がどのくらいのCO₂を排出するかを知る事ができる。来場者はこれに対応する炭素クレジットを購入し、機構が植樹や関連プロジェクトを実施して相殺するしかけを用意する予定である。[9]（「万博エコ外出」Web <http://www.cleanair.net.cn/>）

これに対応するため、上海環境エネルギー取引所は、2009年8月に、グリーン万博をテーマとする排出削減の取引メカニズムを移動させたと発表している。

上海万博におけるCO₂の主要な排出源は、次の4項目であるが、残念ながら上記新聞報道で示されたCO₂排出と削減数値の内訳は、現時点で入手出来ない。

- ① 建築（建設・運用・廃棄）
- ② 来場者交通
- ③ 出展者の準備・運営
- ④ 会期中の諸活動

そこでここでは、華東師範大学の Xiaoping Li 教授がGWREFにて発表された内容を中心に、上海万博における低炭素化への取り組み方針について紹介する。[3]

4.1. 上海市が進めて来たCO₂削減活動

上海市では万博の開催が博覧会国際事務局（BIE）総会にて決定した2002年より、CO₂削減のため、表2に示すような様々な努力を積み重ねて来た。

企業による削減努力としては、万博地区の78企業を移転させるとともに、上海市環境整備局を中心とした環境対策の取り組みがなされている。また、市内環境整備600日活動計画により、2,500 km²の緑地整備や500 km²の重点地区改造などを進めるとともに、市民による植樹造林活動も進められた。新たな地下鉄も急ピッチで建設され、総延長400 Kmと世界一にせまる地下鉄都市となった。

北京オリンピックの際にも実施したナンバープレートによる車両通行制限については、3種類の方策を検討しているが、表2では方策②の数値としている。

- 方策① 奇数・偶数 75万台 停止 120万t削減
- 方策② 末尾番号 30万台 停止 48万t削減
- 方策③ 5月、10月のみ奇数・偶数 40万t削減

表2. 上海万博に向けた取り組みによるCO₂削減量

| 項目 | 削減量 (万t) |
|----------------|----------|
| 万博地区企業の移転・整備 | 177.0 |
| 近隣工業地区の環境整備 | 386.0 |
| 大気汚染企業の対策 | 105.0 |
| 市内環境整備ならびに緑化造林 | 1.2 |
| 上海地区での省エネ活動 | 173.0 |
| 地下鉄整備 | 1.7 |
| 車両通行制限（末尾番号） | 48.0 |
| 万博地区での先端技術適用 | 14.0 |
| 計 | 905.9 |

4.2. 低炭素化の主要施策と採用された低炭素化技術

上海万博における低炭素化の主要施策は以下に示すごとくである。

- ① 世界最高レベルを実現する低炭素化
 - ・ 低炭素化最新技術の採用
 - ・ 低炭素化方針の遵守
- ② 省エネ専門活動によるCO₂排出と削減のバランス化
 - ・ 地区内工場の整理・整備
 - ・ 600日行動計画と環境保護行動3ヶ年計画
- ③ 上海市民の参加による低炭素化活動
 - ・ 第11次5ヶ年計画にのっとったCO₂削減活動
 - ・ NGOによるエコ活動への市民・団体の参加
- ④ 来場者も含んだ全員参加による活動
 - ・ 募金による国際的NGO（WWF: World Wide Found for Nature, Climate Friendly, Gold Standardなど）の取り組みへの参加

低炭素化のために適用された主要技術は次に示す8項目で、これらは将来に向けた先行モデルとして万博にて実用させる計画である。

- ① 太陽エネルギー
- ② 新エネルギー自動車
- ③ LED照明
- ④ 河川水利用のヒートポンプ
- ⑤ 緑化
- ⑥ ゴミの管理と水再利用
- ⑦ 室温制御
- ⑧ エコ建築

上記低炭素化技術のうち、本稿では、太陽エネルギーの活用と新エネルギー自動車の活用について述べる。

なお、GWREFにては、同済大学 Hao Luoxi 教授がLED照明の活用について、また、上海万博事務協調局技術応用部長のTang Shi Fang氏がその他の技術の具体的対応について発表されたが、ここでは省略する。[4][5]

4.3. 国連環境計画 (UNEP) との連携

上海万博では、北京オリンピックと同様に、国連環境計画 (UNEP: United Nations Environment Programme) と連携し環境に配慮した計画・実施を進めている。UNEPは上海万博について、2009年5月にグリーンガイドラインを、8月にグリーンレポートを発表した。[10][11]

グリーンガイドラインは、出展参加者、運営者(ホテル、レストラン、店舗など)、来場者の3つの観点から、環境にやさしく省資源な万博を実現する為の基本的な方策を示したものである。来場者について言うと、エコな交通機関の選択や、節水に努め、環境保護ラベルのついた商品を買うなど、省資源となる生活を行う事を求めている。

また、グリーンレポートは、上海万博に向けた環境への取り組みを評価したもので、大気、交通、エネルギー、廃棄物、水、緑地率など9項目について報告している。報告書は、公共交通を主要な移動手段として、地下鉄網や新エネルギー車など、環境にやさしい交通システムの開発・整備に取り組んでいる点を高く評価している。一方で、石炭火力発電への依存率を低下させる事や廃棄物処理方法と水質の改善など、更なる改善策が必要であるとしている。

これらの課題に対して上海市では、太陽光発電・風力発電施設の建設や、先端技術を使ったゴミ収集場の建設などを進めており、2009年の環境保護事業への投資は、2000年の3倍にあたる420億元 (1元は約14円) といわれている。また、2012年には上海市の新エネルギー産業の規模は900億元に達する見込みである。

なお、UNEPでは上海万博終了後にフォローアップ報告書を発表する予定である。

5. 太陽エネルギーの活用

上海万博における太陽エネルギーの活用は、近年の技術進歩も踏まえ、2000年のハノーバ万博、2005年の愛知万博を大きく超えるものが計画されている。特に建物一体型太陽光発電の規模はこれまでに無いものとなる。

GWREFにおける、上海太陽エネルギー研究センター副技師長 Hao Guoqiang 博士の発表によれば、主要な4つの建物における太陽光発電の計画数値は表3に示すごとくである。[6]

中国館は、屋上に単結晶シリコン太陽電池を敷いて302KWの発電を行う。テーマ館は6,000 m²の屋根に、多結晶シリコン太陽電池を敷き、2,825 KWの発電を行う。なお、

テーマ館の東西側壁 5,000 m²を植物で覆う緑の壁も世界最大である。

また、100年の歴史を持つ南市発電所は、エネルギー発展の歴史を見せるパビリオンとして活用されるが、建物の改造によって、太陽光発電や風力発電を見せる場ともなる。

更に、会場内の街路灯や、休憩所、バス停、万博公園などにも太陽光発電設備が設置されて照明に利用される。

このように上海万博では、最新技術を駆使して、大規模でかつ多様な形式の太陽エネルギー活用がなされる。

表3. 万博地区建物一体型太陽光発電の計画

| 建物 | 規模 (MW) | 年間発電量 (万KWh) | 年間CO ₂ 削減量 (t) |
|-------|---------|--------------|---------------------------|
| 中国館 | 0.3 | 27 | 225 |
| テーマ館 | 2.8 | 246 | 2050 |
| 万博センタ | 1.0 | 90 | 750 |
| 南市発電所 | 0.5 | 45 | 375 |
| 計 | 4.6 | 408 | 3400 |

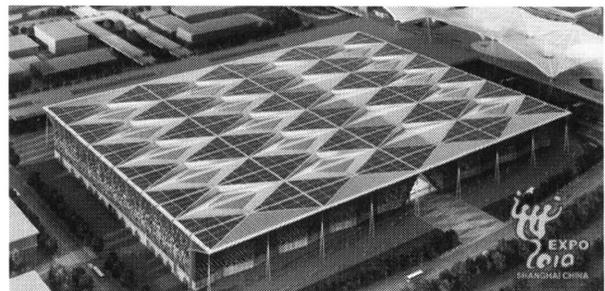


図4. テーマ館の建物一体型太陽光発電 [1]

6. 新エネルギー自動車の活用

同済大学のWang Zhe 教授は、GWRESにて上海万博に向けた新エネルギー車の開発・実用計画について詳細な発表をされた。ここではその概要を紹介する。[7]

上海市には2008年時点で、自家用車が268万台、バス・タクシーなども含んだ社用車が132万台ある。2007年比で台数は6%増加しており、現在は更に大きな率で増加している。

上海周辺に集結している上海汽車などの自動車関連企業は、これまで科学技術省と上海市政府の支援を得ながら、ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車など、省エネ・新エネルギー車の研究開発を進めて来た。

上海汽車集団と上海奥威科技開発などが共同で開発し

た超大容量バッテリー搭載の電動バスは、2006年から市内11路線で試験運用している。また、上海瑞華と市電力会社などの開発による電動バスは複数の路線で運行されている。中国において公共輸送を重視する観点から、新エネルギーバスの開発・実用を積極的に進めている点は注目に値する。

また、上海大众汽車（上海VW）と上燃動力が開発した20台の燃料電池車が、北京オリンピックにて実用された事は良く知られている。

上海市では、上海万博を契機に、全国の科学技術を結集して新エネルギー車の実用を図り、産業発展の環境を整えるモデルプロジェクトを推進している。

本プロジェクトは、政府主導で官産学が共同で推進しており、公共交通を主体に排出量ゼロの技術目標を実現する事で、省エネ、新エネルギー車実用の突破口にしようとするものである。充電や水素ステーションなどのインフラ建設や応用・サービス体制を構築するとともに、新エネルギー車について一般大衆の認知度を向上させる狙いもある。

本プロジェクトは、表4に示すように2段階に分けられており、第1段階の上海万博では新エネルギー車1,284台（ハイブリッド車500台、電気自動車588台、燃料電池車196台）を運行させ、様々な応用を実行するものである。最終目標の2012年には4,157台の新エネルギー車を運用する予定である。

表4. 新エネルギー車実用モデルプロジェクトの目標

| 種別 | 車種 | 2010年 | 2012年 |
|--------------------|------|-------|-------|
| ハイブリッド車 (1300台) | バス | 150 | 700 |
| | 乗用車 | 350 | 400 |
| | トラック | 0 | 200 |
| 電気自動車 (2661台) | バス | 408 | 1291 |
| | 乗用車 | 0 | 180 |
| | 小型車 | 30 | 140 |
| | 特殊車 | 150 | 150 |
| | トラック | 0 | 900 |
| 燃料電池車 (196台) | 乗用車 | 90 | 90 |
| | バス | 6 | 6 |
| | 観光車両 | 100 | 100 |
| 計 | | 1284 | 4157 |

上海万博の運用に対する電気自動車の支援設備として、充電基地1ヶ所（2ヶ所）、充電柱390ヶ所（1,480ヶ所）、

充電ステーション2ヶ所（5ヶ所）を建設する。（括弧内は最終2012年段階の数値）

燃料電池車に対する水素充填のためには、固定ステーションを2ヶ所建設し、移動ステーションを2台設置する。また保守基地を3ヶ所設ける。なお、燃料電池車と水素ステーションの主要諸元については表5、6に示した。

これらの取り組みにより、万博会場内の交通機関は「排出ゼロ」を実現するとしている。

上海市では、このプロジェクトとともに、補助金や融資利子補給など「上海新エネルギー自動車産業発展促進」のために複数の政策を予定しており、2012年には新エネルギー車は10万台になると予測されている。また2009年7月には新エネルギー自動車関連産業拠点を、上海市嘉定区に建設した。これにより関連産業の集中・連携が強化されて、新技術開発と製造のスピードアップが図られる事となり、更なる経済発展につながるものと期待されている。

表5. 燃料電池車の主要諸元

| 項目 | 乗用車 | バス | 観光車両 |
|-------|----------------------|---------------------|---------|
| 最高速度 | 150 Km/h | 70 Km/h | 40 Km/h |
| 加速性能 | 15 S (0-100 Km/h) | 23 S (0-50 Km/h) | — |
| 燃料消費率 | 1.2Kg/100 Km | 12Kg/100 Km | — |
| 航続距離 | 250 Km | 220 Km | 85 Km |

表6. 水素ステーションの主要諸元

| 項目 | 固定ステーション | 移動ステーション |
|--------|-------------------|--------------|
| 容量 | 1,000 Kg | 80 Kg |
| 蓄ガス圧力 | 45 MPa | 45 MPa |
| 充填圧力 | 35 MPa | 35 MPa |
| 連続充填能力 | 120 Kg | 40 Kg |
| 同時充填能力 | 4台（乗用車） 2台（バス） | 2台 （観光車両） |

7. 日本館の環境対応技術

各パビリオンとも環境に配慮した設計がなされているが、ここでは先進技術を利用している一例として日本館について紹介する。[12]

日本館の愛称は、建物のイメージとともに高貴さと未来に向かって成長する期待感を表すものとして、「紫蚕島：かいこじま」とつけられた。テーマは「こころの和・わざ

の和」で、「つながろう！調和のとれた未来のために」とのメッセージを伝えようとしている。

建物の外皮は、アモルファス太陽電池内蔵の膜で、20～30KWの発電を行う。また、建物の支柱と一体となった、通気・水・光の循環を行うエコチューブシステムを採用するとともに、LED、有機EL照明やハイブリッド風車による発電などにより、環境負荷の低減を図っている。

このように、日本館は「生命体のように呼吸する建築」をコンセプトとして、日本伝統の知恵と最先端の環境技術を組み合わせたものとなっている。

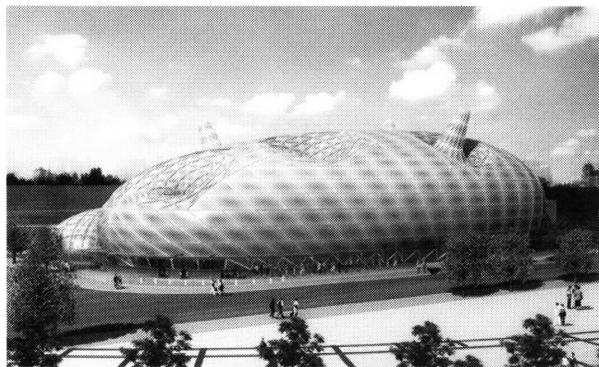


図5. 日本館 [1]

8. おわりに

昨年は、中国の発電容量が8億7400万KWとなり世界第2位となったのに続き、本年は、国内総生産（GDP）で、40年近く日本が保ってきた世界第2位の経済大国の座を中国に譲る事になる見込みである。一方2007年には中国のCO₂排出量は61億トンとなり、アメリカの57億トンを超えて世界第1位となっている。中国にとって、いかにして深刻な環境問題を克服しながら経済成長を進めて行くかは、これからの大きな課題である。

2009年12月にコペンハーゲンにて開催された第15回国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP15）を前に、中国は単位GDP当りのCO₂排出量を、2020年までに2005年比で40～45%削減するとの数値目標を初めて打ち出した。

しかし、日本エネルギー経済研究所の報告によれば、中国の単位GDP当りのエネルギー消費量は、2005年で日本の約7.5倍、米国の3.7倍となっている。[13]

中国が本格的に省エネに取り組み始めたのは、第11次5カ年計画（2006年～2010年）からであるが、積極的な推進により、2010年に単位GDP当りのエネルギー消費量を、2005年比で20%削減する目標は確実に達成できる見通し

である。とは言え、省エネの観点からは、まだまだ初歩の段階にあると言えよう。

このような情勢の中、「CO₂排出ゼロ」を目指した万国博覧会を遂行する事は、中国の経済発展と技術力を国内外にアピールするものとして、大変重要な意味を持つものである。2010年1月22日には温家宝首相を長とする「国家エネルギー委員会」が発足しており、また、中国の第12次5カ年計画（2011年～2015年）における7つの戦略的新興産業に、省エネ、新エネルギー、環境保護、電気自動車が重点として含まれるとの報道もなされている。中国政府が国家戦略として推進する、省エネ、低炭素化の取り組みは、この上海万博を契機として着実に拡大し促進されるものと思われる。

このように中国は今、大きな経済発展とともに環境立国を目指している。省エネ技術や低炭素化技術で最先端を歩んでいると自負する日本は、中国の目標達成に向けてより積極的な寄与をすべきである。勿論、先端技術に関する中国との連携には、知的所有権の問題など課題も多く含んでいる。しかし、中国の環境問題が、すぐ隣に位置する日本の環境にも大きな影響を与える事を考えれば、日本としては他人事ではなく、より緊密に中国と協調して環境新技術の開発や実用普及を進めて行く事が必要であろう。

謝辞

本稿は主として昨年10月開催のGWREFでの発表内容を参照して報告したもので、GWREFの発表者に感謝いたします。特に多くを引用させて頂いた、華東師範大学のXiaoping Li教授と、同済大学のWang Zhe教授に謝意を表します。

また、本稿の図1～5は、上海万博ホームページに掲載されているものを、上海万博事務協調局殿の承認を頂いて使用させて頂いた。ここにあつく感謝いたします。

本報告の執筆にあたり、上海万博に関する情報提供ならびに情報利用につき便宜を図って頂いた上海万博事務協調局副理事のXu Ding博士に感謝いたします。（博士は、GWREFにて上海万博セッションの座長を勤められた。）

また、種々のアドバイスを頂いた、週刊電力水素日本編集委員会・幹事の鈴木重彦氏ならびに、中国上海国際展示会日本事務局代表の張康生氏に感謝いたします。

さらに、中国語参考資料の翻訳を快く引き受けて頂いた筆者知人の王亜玲女史に感謝いたします。

参考文献

- [1] 上海万博ホームページ: <http://jp.expo2010.cn/>
- [2] 宮本捷二;“上海国際再生可能エネルギー大会・展示会に参加して”水素エネルギーシステム、Vol.34, No.4, P.74-77 (2009-12)
- [3] Li Xiaoping; “Carbon Reduction of Expo”, GWREF 2009 (Great Wall Renewable Energy Forum) (2009-10)
- [4] Hao Luoxi; “The Application of Semiconductor Lighting Technology of Expo”, 同上
- [5] Tang Shi Fang; “Technological Application of Energy Conservation and Pollution Reduction of Expo-axis”, 同上
- [6] Hao Guoqiang; “The Application of Solar Energy in Shanghai 2010 World Expo”, 同上
- [7] Wang Zhe; “Trial Operation of New Energy Automobile”, 同上
- [8] Nikkei Net; “上海万博CO₂ゼロにこ”, (2009-10/31)
- [9] 上海万博ホームページ; “上海万博の来場者の炭素排出量は計算可能”(2009-12/12)
- [10] 上海万博ホームページ; “Green Guideline for Expo 2010 Shanghai China”(2009-5/6)
- [11] UNEPホームページ: <http://www.unep.org/>; “UNEP launches Shanghai Expo Green Report”(2009-8/18)
- [12] 日本館ホームページ: <http://shanghai.expo-japan.jp/>
- [13] 日本エネルギー経済研究所計量分析部; “エネルギー・経済統計要覧2009年版”省エネルギーセンター (2009-2)