

# アジアにおける持続的な成長とは

Possible Concept for Sustainable Development in Asia

新田 義孝\*

Yoshitaka Nitta

## 1. 持続できずに滅亡した文明<sup>1)</sup>

「持続的」とは『その土地に定住している人々が、子々孫々にわたって生活を維持し生活水準を向上していくということ』ではないだろうか。人口増加を支えていくのに必要な食糧を増産できるかとか、住居や宮殿その他のインフラ整備などのために森林を破壊してしまい、水資源の枯渇を招かないか等、持続性を支配する要因をいくつも指摘することができる程、この問題を日常的に考えるようになった。

最近刊行された「緑の世界史」は、人類が如何にして持続的な生活を放棄してきたかを、歴史的に世界的な視野で語ってくれている名著である<sup>2)</sup>。冒頭に巨石文化で有名なイースター島の事が書いてある。1722年にオランダ提督がヨーロッパ人として初めて上陸した時に見たものは、みずばらしい草ぶきの小屋や洞窟で原始的な生活を送り、しかも戦闘に明け暮れている3000人ほどの島民だった。島で手に入る乏しい食糧を補うために互いに食べ合うという絶望的な生活をしていたそうである。この島は高さが平均6mもある600体以上の石像群で有名である。5世紀にポリネシア人が20~30人程住みつき1550年には7000人に達したらしい。温度と湿度が高く、土壌は良くとも水はけの悪い条件下では農業生産には限度がある。そこへ加えて開墾、調理用の燃料集め、生活用具に草ぶき小屋、漁労用カヌーづくりに森林を伐採し、部落毎の祭祀場で石像という宗教上のシンボルを造って競い合うのに森林破壊が加速した。1550年頃から木造家屋は建てられなくなり、この島を脱出しようにもカヌーを造る材木さえ手に入らなくなった。

もうひとつ、1850年頃に起きたアイルランドのジャガイモ飢饉を挙げてみよう。1550年に80万人程度だっ

た人口が1846年には850万人に達した。相続制度は農地を細分化し、土地のない貧農が65万人にもなった。収量の多いジャガイモ栽培が普及したが、1739~41年に悪天候が重なって大凶作。50万人が餓死し、1830年代までは不作が続いた。北米からジャガイモ疫病が侵入したのが直接の原因だったが、アイルランドを支配していた英国が食糧の自由貿易を行ったので、貧農は高騰して輸出にまわされた穀物が買えずに餓死者を出したという訳だった。

イースター島やアイルランドの例を他人事として考えるほど我々に余裕があるだろうか。

1000年のヨーロッパの人口は3600万人だったが、1300年には8000万人に達し、13世紀後半には土地は開墾され尽くしてしまった。1200年以降ヨーロッパは寒冷化したのも手伝って、14世紀になると栄養不足と飢饉が慢性化し、そこから他の大陸への移住が始まった。ヨーロッパ人が南北アメリカ大陸、アフリカそしてオセアニアで先住民と先住動物を圧迫した事を、先住民側に立って考えると、彼等によって持続性が破壊されたと言える。

以上の様に「持続的な成長」に反する事をローカルに次々と繰り返してきた人類が、とうとうグローバルな持続性に配慮しなければならなくなったのである。

## 2. 持続的な成長とは

冒頭で定義した様に考えると、食糧とエネルギーの永続的な自給、そして人口の抑制が持続的成長の必要条件である。アジアを舞台に考えていこう。

### 2.1 食糧の永続的な自給

1960年代に人口増加を支えるだけの食糧増産を目指して、第一次緑の革命が実施された。稲や麦などの収量を増すために品種改良とその普及が、国際稲研究所や国際トウモロコシ・麦研究所などを創設して精力的に行われた。その結果、貧しい人々には買えないという分配の問題を残しているものの、穀物の絶対量は確

\* 財団法人電力中央研究所 研究開発部次長

〒100 東京都千代田区大手町1-6-1

保できる様になった。しかし21世紀中葉の世界人口100億時代を支える程増収できる見通しは立っていない。他方ではかんがい農地の塩害が進行し、耕地面積の抜本的な拡大は絶望的である。

アジアで食糧大增産を可能にするとしたら、巨大規模で治水を行えば何とかなるかも知れない。幸にしてアジアでは水稻栽培が主流である。水田は土壌劣化を最小限度に留めるので、最も持続的な農業を形成している。

人類が本当に食糧不足に陥れば穀物の価格が高騰する。その場合にはモンスーンがもたらすわずか3ヶ月間の大量の水を、残りの9ヶ月のために貯えておく技術が普及するにちがいない。ガンジス河上流では乾季に河巾が5kmであるのが、雨季には50kmにも拡がり、水深2mの大洪水に溺れない様に水稻は茎をどんどん伸ばす。6～8月の3ヶ月の水を土壌中に貯えられるなら、現在の一毛作が五毛作にもなるだけの気候上のポテンシャルを有している。水と微量成分の確保が鍵である。

## 2.2 エネルギーの持続的確保

究極の理想を夢見るなら、自然エネルギーで必要エネルギーを全てまかないたいところだが、エネルギー供給量と需要量の粗略推定を行ってみると、少なくとも21世紀中は不可能である<sup>29)</sup>。

自然エネルギーの中で最も開発可能性の高いのは、水力ではなかろうか。表1は引用文献(3)より作成した開発可能な水力資源量を地域別に集計した表であるが、全世界で14%、アジアでは9%しか水力資源が開発されていない。その理由は、多くの大河川が国際河川で

あるから大規模水力開発計画を企てた時点から国際紛争の火種になることと、河川水量が雨季に集中することにあるのだろう。はじめの理由を解消するには、かなり広い地域の総合開発プランを、当該地域の国々の衆知を集めて合意形成を図り、開発資金の調達方法も含めて、全ての参加国が応分の利益を得、しかもどこかが反対するとその国が損をする様な仕組みをつくれるかどうかにか鍵がある。中国の三峡ダム開発は中国の国内だけの調整で済むので約1800万kWの水力発電を可能にすると期待されているが、それでも100万人を越える移住者の処遇が難問のひとつであろう。

地熱とくに高温岩体発電が利用可能になると魅力的である。それを実現するには高温岩体のありかを的確に予測する探査方法と、6000mを容易に掘削する技術が不可欠である。21世紀中葉には間に合うだろうか。

持続可能とは言えないが、かなり莫大な量が確保されている石炭を使いこなすには、亜炭、褐炭を含む低品位炭を経済的に処理して高品位化するとともに、産炭地で脱灰してその残渣に特別の付加価値をつけるが必要になると考える。

石油や従来型の天然ガスが来世紀中には枯渇すると見られるが、これらに代わる化石燃料としてメタンハイドレートに注目したい。わが国は近海で試掘してその存在を確かめる計画を企てているが、今迄は人工地震など物理探査により間接的にしかその存在を把握してこなかった。試掘により実在が確認されれば、国のエネルギー政策が変わる程の影響があるだろう。そうするとCO<sub>2</sub>の固定を具体化する計画も必要となる。アジアの植林がわが国のエネルギー政策の一環に位置

表1 水力発電の賦存量

地域	開発可能な水力資源 (億kWh/年)	現在の水力発電量 (億kWh)	既開発の割合 (%)
アフリカ	13329	442	3.3
北・中央アメリカ	14890	5984	40
南アメリカ	31610	3273	10
アジア	42230	3984	9.4
欧州	9690	4650	48
旧ソ連	38310	2228	5.8
オセアニア	2030	378	19
(日本)	1305	978	75)
<合計>	152089	20940	14

WRI (World Resources Institute) によると、現存する技術面の限界と経済的な制約を考慮したうえで開発可能な水力資源は、次のようである。そして現在開発されている水力発電所が発電している量は、水力資源の14%に相当する。

付けられるにちがいない。

### 3. エネルギー確保に向けての私論

#### 3.1 低品位炭の有効利用

持続可能な成長に準じた、現実的な問題のひとつは、最も埋蔵量の多い化石燃料である石炭を有効かつ総合的に利用して、むこう数百年をエネルギーと食糧の安定供給に向けて役立たせることであると考えられる。

石炭の埋蔵量の60%以上が途上国に発見されており、中国は単独で50%を占めている。探査が広範囲に及んでいないため、途上国の埋蔵量は未だ過小評価されているのだろう<sup>3)</sup>。石炭資源の内、灰分や硫黄が相対的に少ない高品位炭が選択的に使われているが、21世紀中葉にはとくに灰分の多い低品位炭を、従来の高品位炭と同様に利用できる技術と方法を普及しなければならないと考える。

産炭地で脱灰して、灰分の少ない微粉炭だけをCWMにしてパイプライン輸送する。CWMなら海外消費地に運ぶのに原油タンカーがほぼそのまま使え、沖に停泊しているタンカーに港のCWM基地からパイプで荷積みできる。ゆえに大型タンカーを港湾に横づけする必要がなく、港湾のインフラ整備が最小限のコストで済む。CWMは見掛け上、原油に似ているので原油を扱う技術が輸送や貯蔵で転用できる。また、CWMの国際規格をわが国が中心になって定めるなら、世界中のCWMを炭種を超えて標準化できるというメリットが期待できる。今迄の微粉炭では炭種により発電プラントの運転制御に特徴を持たせなければならなかったが、CWM化によって日本の技術が世界中でそのまま使えるようになると、技術移転が容易になる。石炭ガス化複合発電などの新技術に於いても、CWMを使いこなす事が必要になってくるだろうし、日本の特徴である「空気吹き乾式ガス精製低カロリーガス方式」が世界の標準的な発電プラントとして認められるようになる近道のひとつと考えられる。

産炭地で脱灰すると、例えば炭素10%灰分90%と云う組成の微粉が大量に排出される。これを流動床炉で脱硫用の石灰石を添加して、部分的に燃焼させる。炭素が半分程度燃焼して表面に微細な凹凸が無数に形成されまいだろうか。もしそうなら、部分燃焼したCWM残渣は土壌改良材に有効利用できるかも知れない。炭を砕いて土壌に分散すると、土壌に良い影響を与えるバクテリアが炭の表面の凹凸に繁殖して土壌が改良されることは良く知られている。これと同じ効果を期

待したいのである。その外にもCWM残渣を流動床炉で燃焼。脱硫するプロセスで、NやPなどを添加しつつ、土壌改良材としての付加価値を高める方法があるにちがいない。かくして炭田近傍の荒地を農耕地に変え、増大する人口への食糧生産基地をつくるというシナリオを描いてこそ、エネルギーと食糧を総合化し、かつ石炭技術の世界標準化により技術移転をも図ることが可能になる。流動床炉の運転条件を変えれば、セメント素材の大量生産も可能になるにちがいない。セメントは食糧基地を荒涼地帯につかっていくのに必須の建材である。

#### 3.2 インド、ベトナムの水力開発

永続的なエネルギー源の内、もっとも開発可能性が多く、利用価値の高いのが水力資源である。多くの巨大河川は国際河川であるから、治水・水力開発を含めた水の統治は国際政治上の難問である。しかし、持続可能な成長を考えるうえで、避けて通れない資源である。

インド北東部にブラマプトラ河とガンジス河という2つの巨大河川が流れている。前者はヒマラヤ山脈の裏すなわちチベットを中国領土内を西から東に流れたあと、インドのアッサム地方へ急降下して、バングラディッシュでガンジス河と合流する。後者はヒマラヤの雪融水を集めた支流が次々に本流に流れこんで大河となる。本流はデリー近傍ですでに海拔200m程度しかなく、東に約1500km下ってブラマプトラ河に合流する。両大河の洪水時期が運悪く一致すると、下流のバングラディッシュは全国の大半が大洪水に見舞われる。そこで水力開発と治水を兼ねたダム開発の可能性の検討例を探してみると、建設省が平成2年度に調査を行っており、それによるとブラマプトラ河については中国(チベット)にヒマラヤ水力発電所を建設するなら、2400~3300億kWh/年のポテンシャルがあり、インド領内にアッサム治水・水力発電所を開発するなら900億kWh/年が期待され、さらにガンジス河支流のコン河に176億kWh/年のポテンシャルがあるという結果が報告されている<sup>4)</sup>。そしてインド政府はブラマプトラ河上流にディハンダムを検討しており、実現すれば、500億kWh/年が期待される。参考までに現在の日本の電力消費量は約8000億kWh/年である。インドの年間電力消費量は日本の半分以下であるから、治水を兼ねた水力開発が地域的な国際問題と資金調達の難しさを乗り越えて実現するなら、持続的な開発と洪水による被害を最小限度に抑えた持続的農業が現実の

ものとなるにちがいない。

ベトナムは南北に長く、北に紅河、南にメコン河と云う巨大な国際河川を持つ他に、西の山岳地帯から東下する河川に恵まれている。年間を通して5~10月の雨季に1500mm以上の降水があり、11~4月の乾期でも120~250mmの降水量がある<sup>5)</sup>。国土の75%を占める山岳地帯の森林の保水能力を考えると、水力のポテンシャルは、高く、全電力の7割が水力発電に頼っているにもかかわらず開発された分は2割に満たない。

ベトナムを旅すると、1950年前後の日本を想い出す。この国が持続的な成長を維持していくには、ベトナム戦争で痛んだ森林を修復して、年間を通して水資源が確保できる様に治水のためのインフラ整備を行い、水力発電を開発していくことが大切である。ベトナム海上には石油や天然ガスが埋蔵されており、その開発が進むと重化学工業などが発展する可能性もあるが、そちらを後廻しにしてでも水力開発を基本にして持続的に成長して欲しいと願うのは、筆者の一人よがり過ぎないのかも知れない。

### 3.3 東南アジア沿岸での持続的な農漁村づくり

既に荒廃してしまった土地に生態系を取り戻し、人々

の住む村づくりにまで発展させるという発想こそ、人類が取り組まなければならない課題である。

東南アジアの沿岸域ではマングローブ林を伐採して、海老の養殖池をつくり5~10年間たつと、池の状態が悪化するので放り出して、別の場所で再び伐採して池をつくっている。かくしてマングローブ林の半分以上が消えてしまった。マングローブ林を復興すれば、そこに小動物が集まり、それを餌にして魚が集まってくるので、沿岸漁業が栄える。こうした地域に持続的な村落をつくり、食糧の自給と輸出できる産物をつくる仕組みをこしらえることを考えてみよう。もし近くに深層海水があるなら、太陽光発電や深層海水の冷熱を利用した形状記憶合金ポンプを適用して吸い上げ、土壌の中にパイプを配置してその中を通すことにより冷やせば野菜工場が作れる。土壌温度が高すぎて栽培不可能な野菜類の生産が可能になる。その他にも天然のエネルギーを利用したポンプなどを用いて、「持続性をもたらす可能性に期待したい<sup>6), 7)</sup>。

なお、形状記憶ポンプを使って深層海水の冷熱を利用した野菜工場の開発は、沖縄県深層水利用推進協議会が検討に着手している。筆者は夏に野菜が取れない

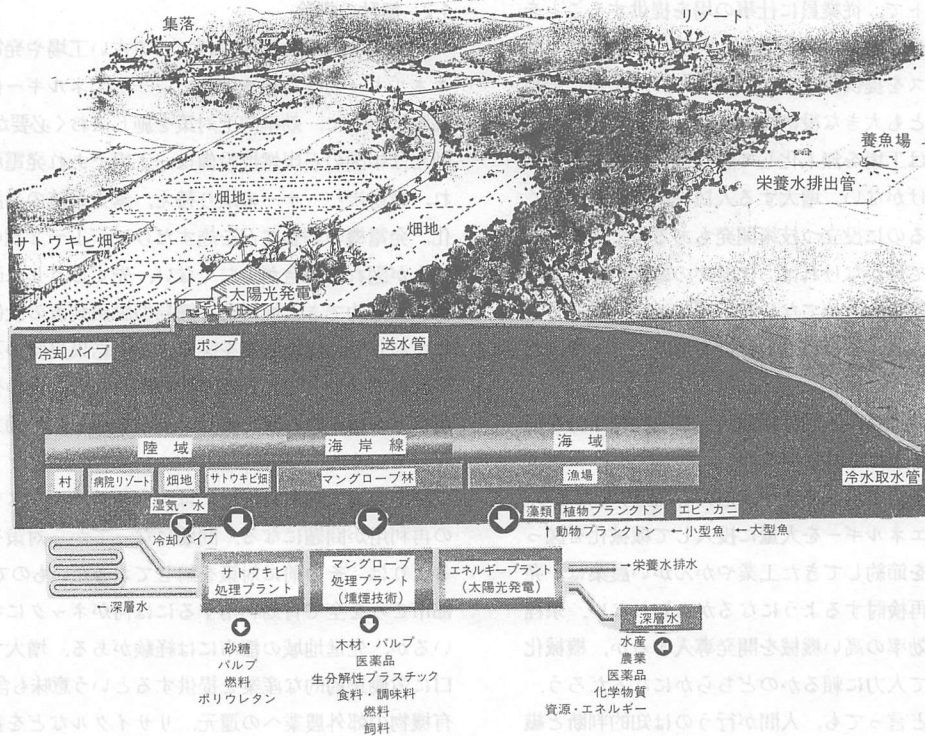


図-1 “サステナブル・ビレッジ”のイメージ図<sup>7)</sup>

沖縄県で成功したら、その技術をバリ島など深層海水が利用可能な地域に技術移転をしたいという展望を持っており、日本沙漠学会沙漠工学分科会バイオグループを中心に検討を続けている。そのイメージを図-1に示す。

#### 4. 人口増加と持続的成長との調和

2050年の世界人口は100億を上回るというのが常識になっているが、中国、香港、朝鮮半島からなる東アジアでは現在の1.6倍に、インドシナ半島、インド半島、インドネシア、フィリピンそして西はアラビア半島やイスラエルを含む南アジアでは現在の2.2倍になると予測されている。しかも農村部から都市部への人口流入が重なって、アジア地域の都市人口は40億人以上になるだろう<sup>8)</sup>。

こうした状況を支える「持続的成長」とは、どんな姿を描けば良いのだろうか。前章で3つの事例を通して、持続的な成長のイメージを描いてきたが、その根底をなす「持続性」の構成要素を考えてみよう。

##### 4.1 機械化による合理化による、労働集約型産業の重視

「会社」というものは、本来利益を追求することと同じウェイトで、従業員に仕事を提供することを社会的な使命として考えると考える。世の中に役立つ商品やサービスを提供することと同様に、従業員に給料を支払うことも大きな役割なのだ。

技術開発は工場を無人化して超合理化することだけに役立つわけがない。増大する人口を飲み込み、働く場を提供するのに役立つ技術開発もある筈で、そうした発想をしていかなければ、アジアの諸都市は仕事を持つ金持ち階級と、持たない貧困層に二極分化してしまい、持続的成長とは程遠い社会を形成してしまうだろう。

21世紀初頭には、人類は採掘可能な石油の半分を消費し尽くすと予測されているが<sup>9)</sup>、そうなると一次エネルギーの価格が現在の2～3倍にも高騰するだろう。その場合、エネルギーを大量に投入して機械化を図って、人件費を節約してきた工業やかんがい農業は、発展の方向を再検討するようになるかも知れない。余程エネルギー効率の高い機械を開発導入するか、機械化は程々にして人力に頼るかのどちらかになるだろう。人力に頼ると言っても、人間が行うのは知的判断と繊細な手作業が中心になる。

では、都市に人口が集中した場合の、「労働集約的

な持続的成長」に対してどのようなイメージを描けば良いのだろうか。

ひとつの鍵は微生物利用とバイオテクノロジーがもたらす技術革新が握っていると期待する。従来は高温高圧下での化学反応に頼っていた生産工程を、常温常圧で行う様にする。年間を通して気温が高い地域で、太陽光を集光してバイオリアクターの中で光合成を行う等の新しい生産工程がいくつかの工業分野に出現するだろう。その各々の工程では人間の判断力に基づいた手作業が要求される。

大都市に必要な安全な飲料水の確保、河川湖沼水の浄化や下水処理などに必要な微生物は、ビール工場などからの副生産物として得られ、それを実際に環境技術に適用するのは人力である。

大都市では近郊の工場やオフィスビルなどから排出されるCO<sub>2</sub>を有効利用して食糧生産を行うだろう。藻類の培養や野菜工場も労働集約型に組織化される。

農業も機械化かんがい農業が見直され、森林復興と農業を組み合わせ、アグロフォレストリーが着実に普及していく。土壌劣化をこれ以上進行させられないからだ。アグロフォレストリーは必然的に労働集約型になる。

##### 4.2 無駄の排除

途上国で今なお運転されている古い工場や発電所のエネルギー効率は極めて低い。一次エネルギー価格が高騰する迄に、効率向上対策を施しておく必要がある。例えば中国の石炭燃焼設備は、工場であれ発電所であれ、微粉炭バーナーの取り替え、蒸気系統の高温高圧化、発電機の調整などを施すだけで、1～2割の効率向上が図れる場合が少なくない。先ずこうした改善を行い、節約できた燃料費を簡易型脱硫装置の設置などにまわして、環境対策を図る。その結果良質の石炭灰が回収できる。こうした無駄の排除と石炭灰の有効利用などを組み合わせて新しい事業を起し、労働力を吸収していく。

現在の途上国も21世紀には廃プラスチックや古紙の再利用が問題になる。問題になってから対策を講じるよりは、その前に対策を講じておきたいものである。都市ごみを全て有効利用するには何がネックになっているか、先進地域の都市には経験がある。増大する人口に労働集約的な産業を提供するという意味も含めて、有機物の郊外農業への還元、リサイクルなどを都市計画の中に位置付けておくことが肝要である。

#### 4.3 人口抑制に通じる初等中等教育の普及と、衛生環境の向上

生活水準が向上すると、人口増加率が低下する事が経験的に知られている。中学校就学率70%が人口増加率を抑える目安であり<sup>3)</sup>、乳幼児死亡率が低い程人口増加率が少なくなると言われている。

日本はODAで初等中等教育の普及に協力しており成果が出ている。途上国での教員養成や教材の提供あるいは教材作成への援助をいっそう強化して、生活水準の向上を加速したいものである。また、教育を通して環境、人口、エネルギーなどの知識を身につけ、将来を見通した国造りに貢献する人材を育成することが肝要である。こうした努力が、短期的な公衆衛生施設普及への援助に加えて長期的には複合的な相乗効果をもたらす。

#### 5. アジアにおける持続的な成長とは

アジア諸地域に住んでいる人々が、子々孫々にわたって生活を維持し、生活水準を向上していくには、エネルギーと食糧の持続的な確保が必要である。持続的にエネルギーを確保できる見通しの立たない現在、化石燃料やウランをできる限り有効に利用して枯渇時期を先延べし、その間に高速増殖炉や核融合炉のように半永続的なエネルギー源を確保する努力をして、それに加えて水力や地熱エネルギー開発にも全力を傾注する。

食糧自給の前に、既に塩害化の始まっているかんがい農地の保全、水資源などの確保とCO<sub>2</sub>の炭素固定に必要な森林の復興が不可欠である。21世紀初頭には1

次エネルギー価格が高騰する可能性が大きい、それを見越しての省エネ農業、労働集約型高収量農業の開発も不可欠である。

この様な前提に立って、都市に集中する人口を吸収する産業振興が実現しなければ、「持続的な成長」は手に入らない。1人当りのGNPを向上させなくとも、人口増加によって全体のGNPが拡大していく21世紀に、人類が貧富の格差やエネルギーの取り合いで紛争を起こさないためには、早く「金持ちケンカせず」の状態に持っていきたいところだが、それを実現するのに必要なエネルギーも食糧も調達できる見込みは今のところない。出来ることをひとつずつ積み上げ、次世代の人材に知識と知恵を授け、未来を託すしかないのだろうか。

#### 引用文献

- 1) クライブ・ボンティング 石弘之他訳；緑の世界史(1994)、朝日新聞社
- 2) 新田義孝：21世紀中葉のエネルギー事情、MACRO REVIEW vol. 6, No. 3, P.61~70 (1994)
- 3) 森島昭夫、加藤久和監修 World Resources 1992-93 世界の資源と環境 1992-93 (1992) ダイヤモンド社
- 4) 建設省 平成2年度グローバル・スーパー・プロジェクト支援調査報告書(平成3年3月) (財)国際建設技術協会
- 5) (財)国際技術協力協会 ベトナム水資源調査(1993年9月)
- 6) 新田義孝 途上国援助に役立つようなサステイナブルな技術住友マネジメントレビュー 1994年5月号
- 7) 新田義孝 サステイナブル・テクノロジーの発掘 Bio City 創刊号(季刊)(1994年7月) (株)ビオンシティー
- 8) 新田義孝 ストップザ地球破壊(1992) ソーテック社
- 9) 新田義孝、内山洋司 破局からの脱出(1993)電力新報社

協賛行事ごあんない

第13回混相流レクチャーシリーズ

### 「流動層と混相流」開催ごあんない

〔主催〕 日本混相流学会  
 〔協賛〕 化学工学会、空気調和・衛生工学会他  
 〔日時〕 平成6年12月7日(水)・8日(木)  
 〔会場〕 大阪市立大学文化交流センター  
 (大阪市北区梅田1-3-1700)  
 〔参加費〕 会員(協賛団体会員を含む) 30,000円  
 会員外 40,000円、学生 5,000円

〔申込締切〕 11月30日(木)  
 〔申込先〕 日本混相流学会 企画運営委員会  
 〒659 芦屋市公光町9-7-202  
 (株)学術出版印刷内  
 TEL 0797-38-3390, FAX 0797-38-3351  
 ■ 問い合わせ先  
 大阪市立大学工学部機械工学科 東 恒雄  
 TEL 06-605-2666 FAX 06-605-2769