

52. 中国の自立型バイオエネルギー生産と環境保全

Self-supported Energy Production and Environment Protection in China

楊 瑜芳* ・ 内藤正明**
Yang Yufang Naito Masaaki

ABSTRACT: This paper describes the present situation of energy supplement and utilization in rural area of China, predicts the increasing energy requirements in the future for promoting resource protection and utilization of renewable energy. The research was conducted at Simao city in southwest area and Liumingying farm land in Beijing area. Methane or biogas has been widely used as a traditional energy, it was enabled to reduce the environmental load and supply energy in rural area. It is clarified that such bio-energy utilization is very effective to CO₂ and deforestation reduction for protecting the eco-environment and establishing a renewable energy supplement system.

KEYWORD: bio-energy, environment protection, global warming countermeasure

1. はじめに

持続可能な発展へ向けた世界的な移行を目指すため、日本、米国、欧州連合（EU）という工業先進国に対して、京都議定書では2010年をめぐりCO₂排出量を1990年比でそれぞれ6, 7, 8%削減義務を求めているが、その目標達成は厳しい状況にある。さらに、発展途上国では経済成長と共にエネルギー需要が増大し、省エネ対策や自然エネルギーの技術開発が緊急に求められている。特に、急激な経済成長によって世界第二のCO₂排出国になった中国の、温暖化対策への取り組みは極めて重要である。本研究は、資源保護と再生可能エネルギー源の利用促進を目標とし、今後急激なエネルギー需要の伸びが予測される、中国の農村部におけるエネルギー需給の現況に関する実地調査結果を報告するものである。

2. 中国のエネルギー需給増加と環境問題の深刻化

中国は改革開放初期の1980年代以降、約20年間に平均年率9.8%の実質GDP成長率で発展してきた。経済活動の基盤である中国の一次エネルギー需給は、図1に示すように急速な経済発展によって年率4.0%でこの約20年間伸びた。IEEJ報告によると2020年まで中国の一次エネルギー需給は年率5.2%増と、むしろ高速成長時代より伸び率は大きくなると予想されている。エネルギー起源の二酸化炭素は温室効果ガスの大部分を占めていることから、エネルギー利用に伴う地球環境負荷が一層増大すると思われる。特に、自動車用燃料を中心に輸送用最終エネルギー消費は、図1に示すように年率5.0%で増加し、CO₂の排出量もこの20年間に年率4.0%で増えている。そして、中国の国土に占める酸性雨の降雨面積の比率は1985年の18%から2001年の30%に急上昇し、朝鮮半島と日本にも相当の大気汚染被害を与えている。さらに将来に向かって、中国政府が2020年までに経済規模を2000年の4倍にする目標を立てているが、この急速な経済成長による石油需要の急増が原油輸入量を年々拡大し、それに伴ってエネルギー安全保障問題、国内環境と地域環境問題、地球温暖化問題がさらに深刻化する恐れがある。このような状況に対して、中国はエネルギーの安全供給の確保は重要な課題と位置付けている。

中国政府は“第十次五カ年計画”期間(2001年～2005年)においては、中国のエネルギー発展戦略を“エネルギー安全保障を前提に、エネルギー構造の改善をエネルギー産業の重点に置き、エネルギー効率の向上に努力し、生態環境を保護し、西部開発を急ぐ”ものとしている。

* 独立行政法人国立環境研究所 National Institute for Environment Studies

** 循環共生社会システム研究所 Kyoto Institute for Eco-sound Social Systems

中国は現在農業国であり、8億6000万人が農村に居住しているが、農村住民の生活用エネルギーの61%は、農作物の茎を燃やすなど、生物資源に依拠しているが、生物資源が乏しいため森林の破壊が日に日に起っている。また、西部地域を中心とする6000万人余りがまだ電気を使用できない状態にある。農村のエネルギー不足と利用水準の低さは、農村の経済発展と環境保全を大きく妨げている。そのため、1998年から2000年までの3年間に、中国政府は1300億元余りの資金を投入し、農村電力網の改造に取り組むほか、農村、特に辺境地区と山間部で、生態環境保全および農民の生活向上を図るために、メタンガス、太陽エネルギー、風力エネルギーなど再生可能エネルギーの利用を進めてきている。

3. 中国の自立型バイオエネルギー生産・利用システム

持続可能な発展に向かうべく、EUでは化石燃料を再生可能エネルギーに転換するため、97年に全体の6%である再生可能エネルギーを2010年には12%にする計画を立てているが、そのうち7割をバイオマス利用によって達成しようとしている。バイオエネルギーは、森林の樹木や落葉、農作物の茎、麦わら、家畜の糞など、生物体を構成する有機物をエネルギー資源として利用するものであるが、再生可能であり、正味のCO₂排出がゼロである地球温暖化対策技術の一つとして、その利用に対する関心が急速に高まりつつある。さらに、太陽光発電や風力発電に較べて、大きな投資を必要とせず、短期的にもっとも有望な再生可能エネルギーとして評価されている。

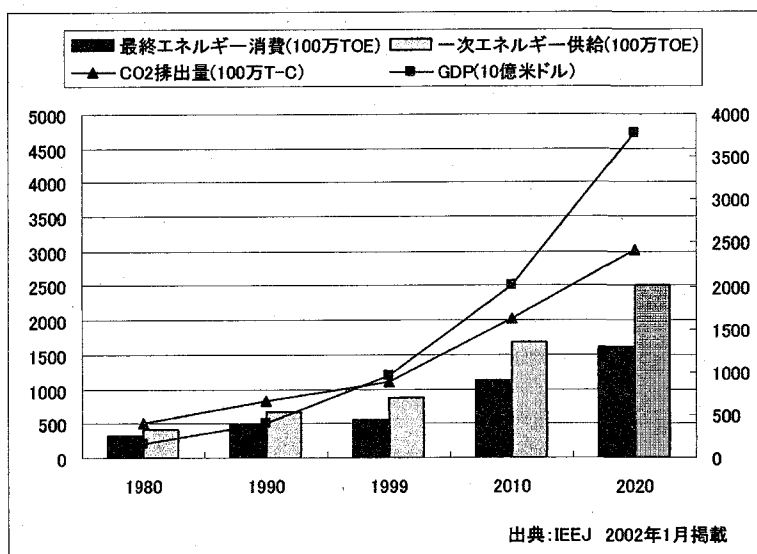


図1 中国の経済・エネルギー需給の推移

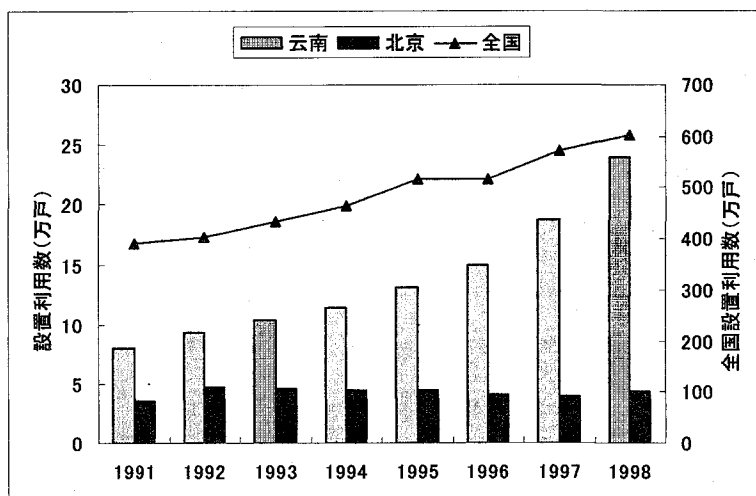


図2 戸別のバイオガス設置利用数

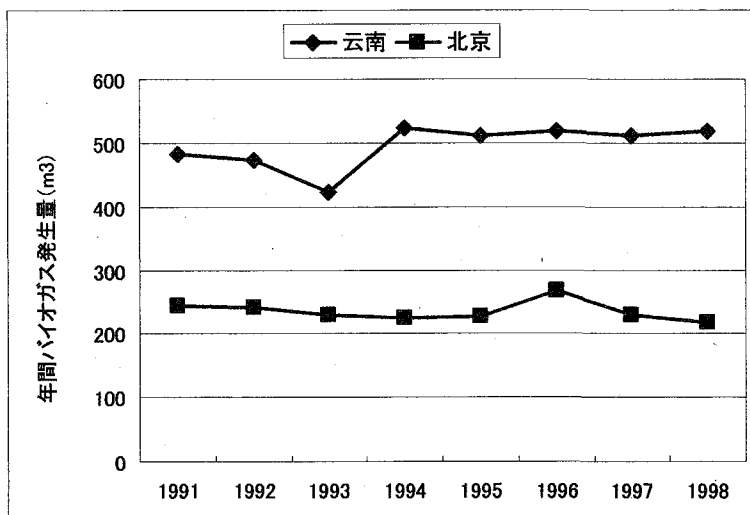


図3 年間バイオガス発生状況

歴史的に中国の農村部では、各家庭でのメタン発酵を中心としたバイオエネルギー利用がなされてきたが、中国では国土面積が広く、北方と南方の気候・風俗の差異が大きいため、地域に応じたバイオエネルギー利用技術の開発が重要である。ここで、バイオマス利用を基にした農村エネルギー生産について、中国南西国境地帯に位置する云南省にある思茅市と、華北平原の西北端に位置する北京市郊外にある留民営生態農場の二つを選び、自立型バイオエネルギー生産・利用システムの実態を調査・分析した。

中国統計によると、90年代に全国の戸別バイオガス設置利用数は、1991年の393万戸から1998年の602万戸に増加し、2000年には全国戸別のガスタンク848万戸を建設し、その正常利用数が763万戸に達した。また、図2に示すように、云南省では90年代終期は初期より戸別バイオガス設置利用数が2倍に増えたが、北京では戸別バイオガス設置数がほぼ横ばいできている。年間バイオガス発生量は図3に示すように云南省が北京よりかなり多いことが分かる。これは云南省の平均気温が高いためメタン発酵に有効であることによる。

また、北京では90年代にかけて都市化の進行と共に、農地面積が急速に減少し、1991年で41.11万ヘクタールあった農地が、1998年には34.11万ヘクタールになり、年平均で1万ヘクタールが減少した。さらにこの10年間には北京郊外の開発区の建設により250万人の農村人口が都市に移されるなど、社会発展に伴って農村でのエネルギー利用構造も変っていった。

3.1 云南省におけるバイオエネルギー生産

云南省は云貴高原の西部に位置し総面積39.4万km²、その面積の94%は山地である。人口は4287万人、その83%は農村に居住している。農村の経済発展と農民の生活の質を高めることは極めて重要であり、そのためにエネルギーの供給の確保も不可欠である。云南省の農村エネルギー利用のために1936年からメタンガス装置導入が始まり、70年代になるとメタンガスの炊飯、照明などとしての利用が進められた。90年代においては貧困解消と環境保全を目指して、単に生活燃料としての利用から、農業生産、生活環境改善を目的とするエネルギー生産に転換され、各市にバイオガス利用プロジェクトが始められた。思茅市では「農業部生態農業示範園」として、1999年に梅蘭村に戸別型の「三結合・二配套」システムが導入された。「三結合」というのは、「トイレ、豚小屋、メタン発酵タンク」の三つの施設を結合したシステムであり、「二配套」というのは、“省エネコンロ、太陽熱温水器”を組合せたものである。

具体的には、図4に示すように戸別で地下にメタン発酵タンクを設置し、その上には豚小屋を造り、さら

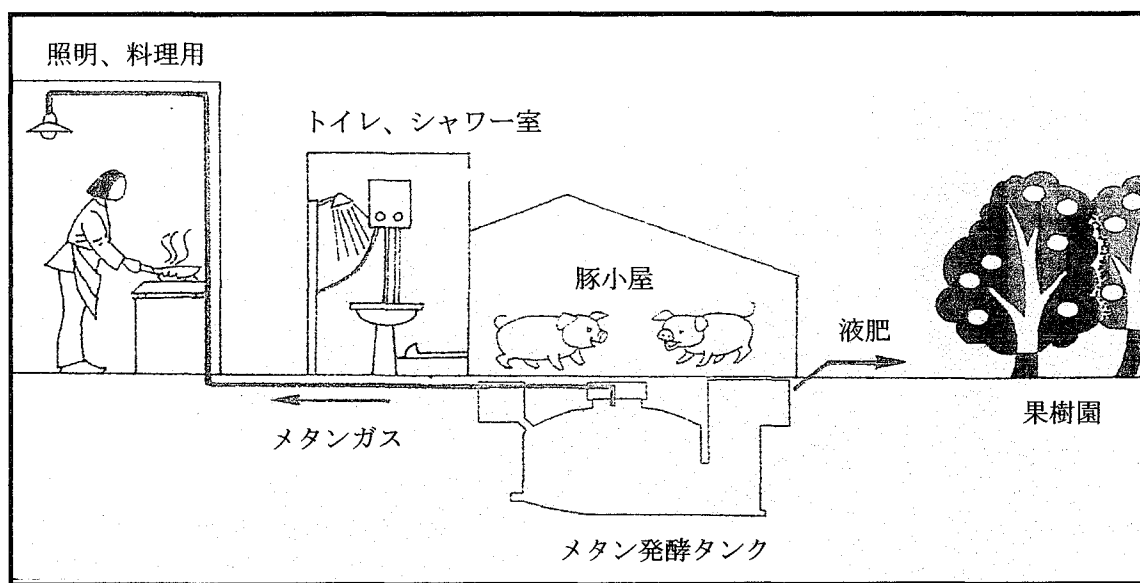


図4 メタン発酵によるバイオガスシステムの概要

に人間用のコンポストトイレも組合わせて設置し、その糞尿は豚糞尿と一緒に発酵タンクに導いて発酵させ、メタンガスを発生させる。そのガスはチューブで台所につながれて調理に使われる。発酵カスは果樹園や茶畑の肥料として有効に利用される。調査結果、思茅市梅蘭村では小さな生態系として家族4人、豚数3頭、茶畑約0.3ヘクタールの有機物循環の仕組みにしており、し尿や豚糞尿など有機物を嫌気性バクテリアによって発酵させ、メタンガスを採取し、エネルギー源として利用する。台所にバイオガスコンロ、ガス灯、ガス炊飯器がある。メタン発酵タンクの容積は6~8m³、1日当たりのガス発生量は約1.2~1.4m³であり、1農家1日当たりの生活に必要なガス量は平均1.0m³なので、云南省における生活用エネルギーは十分に賄えることが分かった。この「三結合・二配套」システム導入は、家畜や人の糞尿のメタン発酵・処理による環境衛生の改善、メタンガス利用による生活利便、発酵残渣の農地還元による有機肥料の供給など、また農家の生活向上と環境保全といった多面的な寄与をしてきた。

また、云南省にはバイオエネルギー利用の多様化が強調されており、生物学的反応であるメタン発酵と共に、熱化学プロセスでのガス化も開発されている。2002年12月に完成された思茅市曼窩村ガス化ステーションは、木屑やワラを原料として毎日2時間稼働で発生ガス量が300m³であり、そのガスは生活用燃料として200世帯に供給される。バイオマスガス化プロセスは図5に示すものである。この施設の建設総額は92.5万元であり、国家農業部から補助金20万元、総額の22%に占めている。その他、省林業庁の補助金10万元、市林業局の補助金34.25万元、町の補助金0.6万元、村の補助金15.15万元、住民からの集金7.5万元、残りの金額は地区林業局から補助されている。農村バイオエネルギー生産は決して容易ではなく、国、地方公共団体、事業者、国民といったすべての主体が総力を挙げて取り組むことが不可欠である。森林被覆率76.9%の思茅市では、木材加工業は基幹産業とし地元産業の42%に占めており、大量の木屑はバイオマスエネルギーの供給源として確保されているため、このような森林資源を適切に活用することにより、再生可能エネルギーの生産が促進され、自立的な循環型システムの実現が図られてきた。

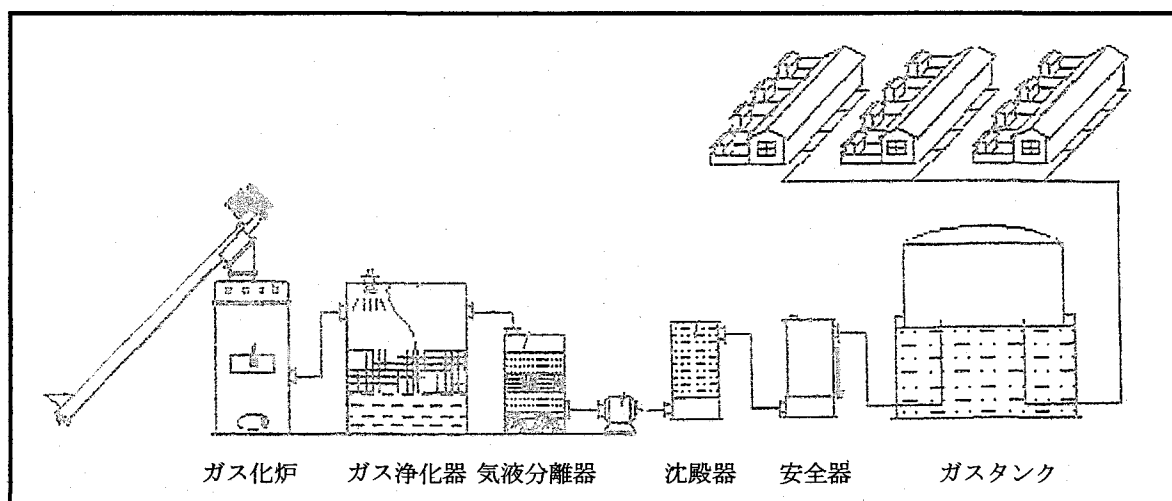
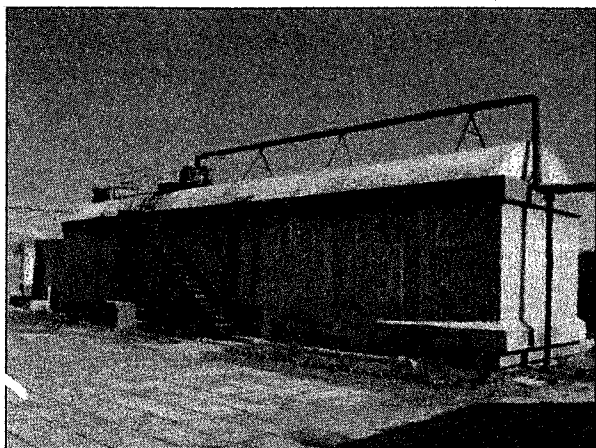


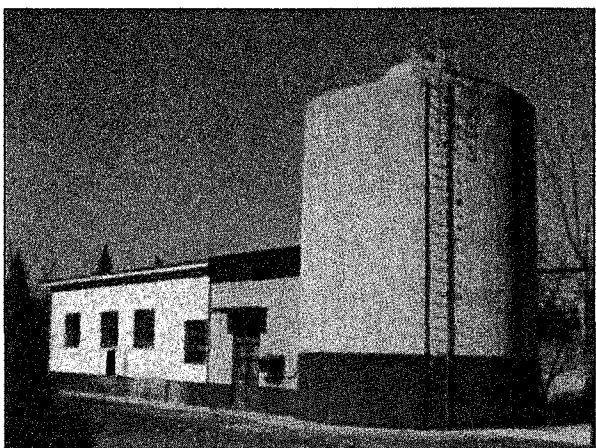
図5 ガス化によるエネルギー生産プロセスフロー

3.2 留民営生態農場におけるバイオガスの利用

留民営は北京市から28kmの郊外にあり、現在人口は860人、村の総面積は147ha、畑地面積は40haで、農業と畜産が主体である。1982年頃まで云南省と同じような、農家ごとに設けられたタンク（容量8~10m³）であり、約170個存在した。しかしながら、北京の冬は12月~3月の平均気温は1℃程度と発酵には悪条件なので、メタンガスの生成量が少ないという問題があった。そこで、1983年に北京市環境科学研究所の指導により、農場全体が共同で使用する容量120m³の高温メタン発酵タンクが建設された。発酵原料としては、人間と家畜の糞尿のほかに植物の茎や葉も加えられ、発生したメタンは燃料として家庭や工場で利用される。



第1期メタン発酵タンク (120m³)



ガス貯蔵タンク

第2期メタン発酵タンク (200m³)

1996年には農場の養鶏場、豚舎の糞尿を処理するため、200m³ 中温メタン発酵タンクが建設されており、毎日合計 700~800m³ のガス生産が可能である。ガスは管で各家庭の炊飯や暖房用のほか、ガス発電にも利用されている。また、嫌気処理後の残体を液肥として野菜畑などに利用し、そこで生産される農産物は有機栽培ブランド化として北京市内の高級レストランやスーパーに出荷され、大きな収益を上げている。留民営では、バイオガステーションシステムでのバイオエネルギー開発・利用により生活レベルが向上し、有機物循環の効果が確認され、「中国生態農業第一村」と称せられている。

4. 経済発展と環境保全に向けた取組

中国は経済発展に伴うバイオマス利用を含めた再生可能エネルギー生産と廃棄物の適正処理を実現しているが、これはまた二酸化炭素削減にも寄与している。今回の調査では、留民営には9年ぶりの再訪であったが、留民営生態農場の入り口には、「環境保護、経済発展」がスローガンとして掲げられていた。90年代以後、都会と同じようなインフラ整備が行われ、有機農業を促進することによって安全・健康な農産物がつくられ、また学校教育・老人福祉施設を設置し、生態農業経済と快適な生活環境づくりが進められ、「エコビレッジ」ともいうべき姿に大きく変貌していることが見られた。

一方、云南省思茅市では、1998年にメタンガスを中心としたエネルギー生産・利用プロジェクトが実施され、その後の3年間においては1万個あまりのメタンタンクが設置された。以前、生活用燃料の不足と、そのための森林の大量伐採、化学肥料の大量使用という、環境汚染と資源破壊などの問題が生じていた。しかし1998年以後、各戸に6m³のメタンガスタンクを設置することで薪の利用量が減り、その量は森林面積約0.07

ヘクタールに相当しているので、現在メタンガスタンク 1.45 万個を持つ思茅市は、967 ヘクタールの森林伐採を防いでいることになる。また、6m³のメタンガスタンクからの残液と残渣は毎年約 25 トンが排出され、これらを肥料として利用することにより、化学肥料の使用量は毎年約 80kg に減ったと推算された。そのため、設備費は約 3～5 年で回収でき、さらに年平均収入は 1995 年より 2 倍に増えた。

こうした自然生態系に馴染む、小規模のバイオマス循環システムを中国農村部に広めるために、中国農業省では 2002 年に「1000 万戸メタンガス・プロジェクト」を計画した。そして 2005 年までに、全国農村の 10% である 1100 万戸にバイオガス設備を新設し、西部地域では戸別用のモデル、東部地域では家畜や養殖場での大規模モデルを実施するという計画である。その計画が実施されると、2 億人に及ぶ農村人口の生活向上が期待され、467 万ヘクタール以上の森林保護と、267 万ヘクタール以上の耕地改善、2000 万トン以上の家畜糞の処理がなされると推計されている。また、有機肥料の供給により農業生産量はほぼ 30% の増収が予測されている。またこれは二酸化炭素排出削減にも大いに寄与していると思われるが、中国ではまだこの面での意識は顕在化していないので、定量評価はなされていない。

このように、中国ではローカル技術または適性技術といえるタイプの再生可能エネルギー利用システムが、環境と経済の両立を実現している。しかし、日本では殆どそうはなっていないが、この差異は社会・経済システムの違いからくるものである。日本でもいずれ早急にその実現が求められるであろうが、そのためにはどのような状況変化が必要か、またどのような政策が認められるかということに対して、この中国の経験は大きなヒントを与える。

5. おわりに

エネルギー消費の急増が危惧されるこのような中国農村部で、この伝統的な中国のバイオガス生産・利用システムの意義を再評価し、地域環境、地球環境に共にやさしく、経済的にも有効なエネルギー源としての農村エネルギー供給システムの可能性を検討した。このような、自立型バイオエネルギー生産とバイオマス循環システムが実現すれば、急激な発展が予想される中国農村地域が、資源循環型の社会になるために仕組みとして大いに有効であると期待される。さらにはこれを、大規模高度技術に依存して、二酸化炭素排出削減に苦勞している日本を始め多くの工業国に大きな示唆を与えるだろう。

なおこの調査はアジア太平洋地球変動研究ネットワーク (APN) の支援をうけて実施したものであり、APN センターをはじめ関係者各位に謝意を表します。

参考文献：

1. 中国エネルギー白書 1991-1996、中国統計出版社、1998. 8
2. 中国エネルギー白書 1997-1999、中国統計出版社、2001. 7
3. 中国農村エネルギー白書 1997、中国農業出版社、1998. 7
4. 中国農村エネルギー白書 1998-1999、中国農業出版社、1999. 11