

中国農村部の経済発展に応じたバイオマス利用システムの高度化による地域発展モデルの構築

中久保 豊彦¹・齊藤 修²・山本 祐吾³・盛岡 通⁴

¹学生会員 大阪大学博士前期課程 工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

E-mail: nakakubo@em.see.eng.osaka-u.ac.jp

²正会員 博(農) 大阪大学助教 工学研究科 (同上)

E-mail: saito@see.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 博(工) 大阪大学助教 工学研究科 (同上)

E-mail: yugo@see.eng.osaka-u.ac.jp

⁴正会員 工博 大阪大学教授 工学研究科 (同上)

E-mail: tmorioka@see.eng.osaka-u.ac.jp

本研究では、中国におけるバイオマスの利用の実態を把握した上で、改革開放後の中国農村部の経済発展過程を類型化し、各類型(段階)の向上に伴いバイオマス利用が減少する要因の分析を行った。その結果、農村部の経済発展段階は、「貧困削減段階」、「多様な産業振興段階」、「地域産業の集積段階」の3つに類型しうることを明らかにし、各発展段階におけるバイオマス利用と課題を整理した。各段階に適合するバイオマス利用の高度化方策として、「家庭における旧来利用形態の改善」、「コミュニティにおける循環システム形成」、「農村資源の戦略的活用」に向けた技術システムを提示し、地域の経済成長と持続可能なバイオマス資源管理を同時に達成するための地域発展モデルの構築を試みた。

Key Words : China, rural area, biomass, conversion technology, rural development model

1. はじめに

経済成長に伴い中国のエネルギー消費は急増しており、地球温暖化や大気汚染など環境問題の側面やエネルギー安全保障の側面から国家の重要課題となっている。そうした中、再生可能エネルギーの導入が重要性を増しており、中国政府は2006年1月に「中華人民共和国再生可能エネルギー法」を施行、税や売電価格の面での優遇を図るとともに、電力システムを有する電力会社に対して再生可能エネルギー電力の購入を義務付けている¹⁾。中国では兼業就業者を含め3億人が農林水産業に従事しており²⁾、年間に生み出されるバイオマスの資源量は非常に大きい。再生可能エネルギーの導入促進にあたり、豊富に存在するバイオマスを戦略的に利用することが必要視される。

日本は2006年3月に新たなバイオマス・ニッポン総合戦略³⁾を策定し、その中で、日本のバイオマス変換技術を海外(とりわけ自然条件が類似している

アジア)に普及させ、温室効果ガスの削減に取り組むと同時に、持続的な農林水産業の推進を支援する目標を掲げている。バイオマスエネルギー利活用の促進に向け、日本の技術を中国へ移転することが日中双方の観点から重要となっている。

中国でのバイオマス変換技術の導入に関し、日中経済協会⁴⁾は、中国におけるバイオマス変換技術の普及状況や政策、今後の展望を踏まえた上で、中国へ導入すべきバイオマス変換技術のオプションを提示している。しかし、中国農村部の地域間格差は著しく、地域の経済水準によってバイオマスの利用状況や、バイオマス利用に関連して引き起っている問題は異なっていると考えられるが、地域の経済水準に応じた技術の適合性や有用性に関する検討は十分になされていない。そこで本研究では、中国農村部における経済発展段階を類型化し、類型した各段階において適合性があり、地域の経済発展に寄与する技術システムの検討を行うことを目的とする。

2. 研究の方法

研究対象とするバイオマスは、農業残渣、木質バイオマス、畜産排泄物、食品廃棄物、家庭廃棄物（厨芥）、し尿及び下水汚泥とした。

第一に、現地調査研究や統計データに基づいて、中国農村部におけるバイオマスの利用の実態を把握した。第二に、中国農村産業の成長過程や発展戦略に関する文献を調査し、改革開放後の中国農村の経済発展過程を分析し、発展段階の類型化を試みた。第三に、経済成長に伴いバイオマスの利用が減少するという仮説を立て、類型化した各発展段階においてバイオマスの利用が減少する要因を分析し、各発展段階でのバイオマス利用をその実態を踏まえて整理した。第四に、それぞれの発展段階に適合性のある技術システムを導入してバイオマス利用の高度化を行うことで、地域の発展段階を引き上げうる地域発展モデルを構築した。なお、高度化とはバイオマスの変換効率を高め、より付加価値のある利用を行うための技術システムを形成することを指す。

3. 中国農村におけるバイオマス利用の実態

1978年の改革開放後のバイオマス利用の実態について、主に現地調査研究をレビューした。

(1) 農業残渣

ワラ茎の2000年度の全国利用割合は、家庭での燃焼利用が45%、飼料利用が31%（うち15%は乳酸発酵あるいはアンモニア添加で加工）、製紙原料利用が3%、肥料利用が21%である⁵⁾。加工飼料、製紙原料としての利用量が特に増加している。ワラ茎は依然、農村の主要なエネルギー源であり、例年、ワラ茎と薪（小枝など）のエネルギー消費量が農村家庭部門エネルギー消費の70%以上を占めている⁶⁾。一方で、沿海部の比較的豊かな農村や内陸部の都市近郊農村など一部の地域ではLPGが普及し、ワラ茎と薪をエネルギー利用する家庭が減少している^{7), 8)}。未利用となったワラ茎は農地で焼却される傾向にあり、中国政府は空港や高速道路等での焼却を禁止している⁹⁾。

籾殻・ぬかは基本的には飼料として販売されており、バガスは専用ボイラーで燃焼するか、あるいは製紙原料として利用されている⁴⁾。寒冷な地域にある精米所では、籾殻は職員が暖をとる燃料としても利用されている。

(2) 木質バイオマス

木質バイオマスに関しては、木材不足の中で加工における利用率は高く、伐採時に発生する林地残材は合成板の生産に、加工プロセスで発生する廃材や余剰材木は人造板の生産に、おがくずは活性炭の生産に、その他、人造板などの生成時に発生する粉塵は燃やしてエネルギー利用されている⁴⁾。

(3) 畜産排泄物

中国の畜産形態は、副業的に家畜を飼育する家族経営、中規模経営、近代的な大規模経営に分類される。家族経営の場合は畜産排泄物を肥料にするが、例えば大規模の養豚場では80%が環境基準達成のための処理設備を有さず排泄物を垂れ流しており、その多くは沿海部の都市周辺に位置していることが全国規模の調査で明らかにされている¹⁰⁾。ただし、畜産場の大規模集約化を行うにあたり、広大な敷地を有して堆肥化処理場や活性汚泥処理施設の併設を行ったり、化学肥料の流通が進んでいない地域に建設して周辺農家に販売するなどの取り組みも一部の地域ではなされている¹¹⁾。畜産排泄物の肥料としての価値は依然として高い。

(4) 食品廃棄物

中国食品産業はとりわけ2000年以降に急成長しているが、加工食品は家庭で作るのが中国では基本であったため、市販される加工食品はまだ少ないとされている¹²⁾。農産物の加工率が低いため、90年代末頃の全国の穀物の損失は9%、野菜・果物の損失は25%と非常に高い¹³⁾。食品産業の成長に従い改善されているが、流通過程で生じる食品廃棄物は大きい。

(5) 家庭廃棄物（厨芥）

都市の家庭廃棄物は、地方の衛生局により収集・運搬される。旧来より農村に運ばれ、分別されて肥料として利用されてきたが、化学肥料の普及に伴い肥料としての需要は減少し、2002年の処理・処分方法の内訳は埋立て48%、焼却2%、堆肥化4%、投棄46%（うち28%が地方政府の指定場所に投棄）である¹⁴⁾。古紙や金属くず、廃プラスチックは、民間収集業者が分別して有価物として取引しているため、かなりの部分が再利用されている。そのため、家庭廃棄物に占める厨芥など有機廃棄物の割合が増加している。中国では分別回収が確立しておらず、有機廃棄物をコンポスト化して利用するにあたり課題となっている。農村では、廃棄物を取り扱う中央廃棄物管理システムは存在しないため、無機廃棄物は利

表-1 中国におけるバイオマス利用（1978年から現在にかけての変化）

農村／都市	供給セクター	バイオマス	発生場所	需要セクター					
				農業	木材加工業	畜産業	養殖業	製紙業	暮らし・事業所
農村	農業	薪	林地						(直接燃料)
		ワラ茎	農地	(肥料)		(飼料)		(製紙原料)	(直接燃料)
		籾殻・ぬか	精米所			(飼料)			(直接燃料)
		バガス	製糖場					(製紙原料)	(ボイラー燃焼)
	林業	林地残材	林地		(合成板)				
	木材加工業	製材廃材	製材所		(人造板)				(直接燃料)
		おがくず	製材所		(活性炭)				
	畜産業	畜産排泄物	畜産場	(肥料)					
	食品加工業	食品廃棄物	工場	(肥料)		(飼料)			
	食品流通業	食品廃棄物	市場	(肥料)		(飼料)			
都市	暮らし	厨芥	家庭	(肥料)		(飼料)			(バイオガス)
		し尿	家庭	(肥料)		(飼料)			
	ごみ処理業	厨芥	処理場	(肥料)					
	し尿処理業	し尿	処理場・貯糞池	(肥料)					
	排水処理業	下水汚泥	処理場	(肥料)					

注) 供給セクターから生じるバイオマスを需要セクターが利用して部分に、用途を記載している。

着色部分は利用量の減少がみられた用途。

用していない土地に積み上げられる傾向にあり、厨芥は家畜の市販飼料を補うために給餌するなど多種多様な用途で利用されている¹⁵⁾。一方、比較的豊かな農村では、道路にごみステーションを設置して回収するシステムが構築されている地域もあることが報告されている¹⁶⁾。

(6) し尿

中国におけるし尿処理は、都市では通常市政府が行い、農村では農民自らが行っている¹⁷⁾、¹⁸⁾。都市で発生するし尿は、下水道が整備された地域でも下水道に直接入れることはまれであり、建物の地下に埋設された便槽に貯留され、越流水のみが下水道に流されている。汲取り式の家庭用共同便所や公衆便所、水洗便所の便槽に貯留されたし尿はバキュームカーで収集され、処理施設ないし郊外の貯糞池に運ばれる。化学肥料の普及や衛生面の観点から、貯糞池に溜められたし尿の需要が減少しており、し尿処理施設の整備が課題となっている。農村においては、バイオガス便所の便槽内でし尿をある程度処理して農業利用するケース、し尿を農地や養魚池に直接利用するケース、小規模の貯糞池に溜めた後に農業利用するケースがほとんどである。都市近郊農村を中心に経済水準が高い農村では、住居近代化の中で水洗便所の普及が進んでいることが報告されている¹⁹⁾。

(7) 下水汚泥

下水処理場より発生する下水汚泥は、主に埋立てにより処理されるか、有機廃棄物とともに堆肥化されるかのいずれかである²⁰⁾。重金属と有機汚染物の含有が汚泥の質を低下させており、堆肥化を促進するにあたり課題となっている。

以上を踏まえて、バイオマス利用の実態と1978年からの利用の変化を表-1にまとめた。需要セクターからみると、肥料、飼料、燃料、原材料が主な利用用途である。都市近郊農村を中心に、経済水準の高い地域ではバイオマスの需要は減少しており、肥料は化学肥料へ、飼料は飼料作物・加工飼料へ、燃料はガス・電気へ転換する傾向にあることが、本研究では明らかとなった。

4. 中国農村の経済発展段階の類型化

中国農村における改革開放後の産業活動の変遷に関し、表-1に示したバイオマス利用に関連する産業を対象に文献調査を行った。姜ら²¹⁾より第一次産業や農村工業、食品流通業に関する発展過程や発展戦略を、陳²²⁾、陳²³⁾、陸ら²⁴⁾より林業や木材加工業、製紙業に関する変遷や発展戦略を、章²⁵⁾より農村産業全般に関する発展過程を調査し、結果を表-2に整理した。

表-2より、産業活動が家庭経営から経営規模を拡大して展開され、更には経営の集積により大規模化やネットワーク化が進むという観点から、発展段階を貧困削減段階（1978年－80年代中期）、多様な産業振興段階（80年代中期－90年代後期）、地域産業の集積段階（90年代後期－）の3つに類型化することができる。表-3に発展段階の類型を示し、以下、各類型（段階）における産業活動の特徴を説明する。なお、中国農村部の地域間格差は著しく、経済発展過程に沿って時間軸で分類した3つの発展段階が地域的に混在している。

表-2 中国農村における改革開放後の経済成長過程と今後の発展戦略に関する文献調査結果

文献		関連する産業	発展過程／発展戦略									
姜ら ²¹⁾	農業政策の変遷と発展戦略	農業 畜産業 養殖業 食品加工業 食品流通業	1979 農地を配分 家族経営	1984 多角経営の発展	1984	1991 畜産・養殖・経済 作物の奨励	1992	1997 大規模集約化 地域分業の適正化	1998— 生産・加工・流通の 一体化経営の展開			
	郷鎮企業の変遷と発展戦略	食品加工業 木材加工業 製紙業	1979 始発 段階	1983 高度成 長段階	1984 整理整 頓段階	1988 第二成 長段階	1989 整合再 編段階	1991 産業集積による規 模の経済性の発揮	1992 1996 1996 1998	1999—		
	農産物流通市場の変遷と発展戦略	食品流通業	1978 卸売市場の萌芽 小売商が農産物流通主体となり経営展開 卸売市場の増加							流通主体の規模拡大 と組織化を促進 卸売市場の配置の 合理化を促進 現在		
陳 ²²⁾	林業政策の変遷と発展戦略	林業	1983 採取的 林業経営	1984	1997 森林資源の合理的利用への移行				1998— 造林を重視した 集約経営への移行			
陳 ²³⁾	木材市場の変遷	林業 木材加工業	1979 森林を配分 家族経営	1984	1985	1997 木材市場の全面的な開放 木材加工業(特にボード類生産)が成長						
陸ら ²⁴⁾	製紙業の発展戦略	林業 製紙業								2001— 林紙一体化		
章 ²⁵⁾	農村の発展過程	農村産業全般	1978 単一的な食糧 生産からの脱却	1985	1986	1996 家族経営から多様な経営活動へ と展開、農村工業部門の発展				1997— 地域内発型の組織的・計 画的な農村発展を推進		

表-3 中国農村の経済発展段階の類型

発展段階	産業セクター	経営	産業立地
貧困削減段階 1978年—80年代中期	農業・林業・畜産業・養殖業	家庭単位の副業的経営	分散 卸売市場の萌芽
	食品加工業・木材加工業・製紙業	小規模経営・個人経営	
	食品流通業	農家による直接販売	
多様な産業振興段階 80年代中期—90年代後期	農業・林業・畜産業・養殖業	多角化	分散 卸売市場の建設
	食品加工業・木材加工業・製紙業	経営規模の拡大	
	食品流通業	小規模経営・個人経営	
地域産業の集積段階 90年代後期—	農業・林業・畜産業・養殖業	集約化	集中化 小城镇・工業団地に集積 卸売市場の合理的配置
	食品加工業・木材加工業・製紙業	生産・流通との一体化	
	食品流通業	経営規模の拡大と組織化	

(1) 貧困削減段階

食糧生産のみの単一的な産業構造から、農業の合間に庭で家畜飼育や養殖を行う、林業と並行的に林間間作や林間放牧を行うなど、家庭単位の多様な経営が展開されるようになる。食品加工業や木材加工業も小規模・個人経営で事業化される。卸売市場の形成により、農家による農作物の販売も行われる。

(2) 多様な産業振興段階

家庭レベルの経営から多様な経営活動に広がり、村レベルや郷・鎮レベルでの産業振興が図られる。経営の多角化により、野菜や果物など付加価値の高い経済作物栽培や林業、畜産業、養殖業が専業経営で展開される。工業部門では中小規模の郷鎮企業が発達し、食糧生産農家の兼業化も進む。食品流通業

では、個人経営による小売業が発達する。

(3) 地域産業の集積段階

農村の資源と地域優位を活かして地域的分業を図り、県内で産業立地を集積させて競争優位と規模を持つ中堅産業を形成する。農業、畜産業、養殖業は経営の集約により生産規模を拡大し、生産地を集中させる。林業においても、木材生産を天然林から人工林へと移行させ、木材生産対象林において経営の集約化を行う。食品加工業、木材加工業、製紙業は、生産や流通と連携して一体化経営を進めるとともに、小城镇（農村の小都市）や工業団地に集中し、規模の経済性を発揮する。食品流通業は、組織化して生産農家や食品加工業との連携を図るとともに、農家と国内外の市場とを結びつける役割を果たす。

5. 経済発展過程におけるバイオマス利用の減少要因の分析

先述の3つの類型において、経済発展がバイオマス利用の減少に繋がる要因を分析する。

「貧困削減段階」では、食糧生産を基礎として多様な産業活動が家庭で副業的に行われており、所得水準も低いいため、バイオマスの利用は減少しない。

「多様な産業振興段階」では、経済作物の栽培や林業、畜産業、養殖業が専門的に行われるようになり、農村工業も中小規模で展開されるため、生産手段を高度化し、より短期間でより多く生産することが重視されるようになる。暮らしの側面でも、農家の兼業化が進み余暇の時間が減少するため、より利便性の高い石炭やガスの需要が高まる。そのため、速効性（バイオマスを収集・運搬する時間と労力の

縮小）、効率（単位時間あたりに得られる効果の向上）という時間的要因が作用し、バイオマス利用が減少する。

「地域産業の集積段階」では、農林水産業は集約化に伴う生産手段の高度化、農村工業分野はより先進的な技術設備導入の必要性が高まり、暮らしにおいては家電やガス機器の需要が増加するため、時間的要因が一層作用する。更に、各産業活動が集積して行われるため、供給地と需要地の乖離（供給地と需要地が離れ、バイオマスの収集・運搬コストの増加）、供給量と需要量の不一致（コスト面で収集可能なバイオマスの資源量と需要量の不一致）という空間的要因が作用し、バイオマス利用が減少する。

以上の要因分析から、本研究で明らかにしたバイオマス利用の減少傾向と照合すると、各発展段階のバイオマス利用と課題を表-4のように整理できる。

表-4 各発展段階におけるバイオマス利用と課題

	肥料	飼料	原材料 (製材・製紙)	燃料	バイオマス利用 に係る課題
貧困削減段階	・家庭で生じる厨芥や、農業残渣、し尿、家畜排泄物を利用。 ・補足的に化学肥料を利用。	・厨芥や農業残渣を飼料に家畜を育てる。 ・し尿や家畜排泄物を養殖池に撒く。	・残渣系の森林バイオマスを最大限に活用。	・厨房、暖房の用途で、ワラ茎や薪を燃焼。 ・補足的に石炭を利用。	・ワラ茎、薪、石炭の燃焼による室内空気質の悪化。 ・過剰な薪利用による森林資源の減少、それに伴う土壤浸食。 ・排泄物の非衛生的な利用により、農作物や飲料水から病原菌や寄生虫が伝播。
多様な産業振興段階	・化学肥料の利用が主となる。 ・化学肥料を補う形で、農業残渣やし尿、畜産排泄物を利用。	・飼料作物の利用が主となる。 ・飼料作物を補う形で、ワラ茎や粉穀、ぬかを利用。 ・ワラ茎など農業残渣を加工（乳酸発酵やアンモニア添加）して用いる割合が増加。 ・食品加工工場や卸売市場で集約して発生する食品廃棄物の一部も、飼料作物を補う形で利用。	・残渣系の森林バイオマスを木材加工業が最大限に活用。 ・製紙業がワラ茎やバガスを活用。	・家庭の厨房、暖房用途で、主にワラ茎と薪、石炭を利用。 ・家庭にガス機器も普及するが、利用量は小さい。 ・事業所は暖房用途などで農業残渣や薪を利用するが、生産には石炭、ガス、電気を利用。	・ワラ茎、薪、石炭の燃焼による室内空気質の悪化。 ・薪の家庭利用や林業での過剰な木材伐採による森林資源の減少、それに伴う土壤浸食、早魃や洪水に起因。 ・化学肥料の多投による農地からの窒素、リンの流出。 ・中小規模の畜産業からの排泄物の垂れ流しや、食品加工工場からの汚泥の排水による窒素、リンの流出。 ・食品廃棄物の投棄による土壌汚染、浸水による地下水汚染。 ・ワラ茎など非木材パルプ廃液による水質汚染。
地域産業の集積段階	・基本的に化学肥料を利用。 ・穀物生産の場合は、ワラ茎の鋤込みを行う。 ・一部地域では、畜産排泄物など肥料として質の高いバイオマスを有機栽培に利用。	・粉穀、ぬかなど事業所に集中して発生する農業残渣は飼料生産に利用。 ・ワラ茎は加工して利用。 ・農業残渣は輸入飼料と価格面で競合。	・木材生産を集約に行い、林業と木材加工業や製紙業が一体化して木材を利用。 ・林地残材や製材廃材は、輸入木材と価格面で競合。	・家庭の厨房、暖房用途の大半をガス、電気で賄う。 ・事業所は電気、ガス、石炭を利用。	・農地でのワラ茎の燃焼による大気汚染。 ・人工林の育成を中心とした適切な森林管理の実現。 ・集中して発生する畜産排泄物、食品廃棄物、汚泥の回収システム構築が必要。 ・小城镇での集住に伴い、生活排水やし尿の処理インフラ整備が必要。 ・家庭での廃棄物発生量が増加、家庭廃棄物の回収システム構築が必要。

6. バイオマス利用の高度化による地域発展モデルの構築

中国が導入を目指しているバイオマス変換技術を設備規模と技術レベルの観点から整理した。各発展段階における技術オプションとバイオマス利用の高度化方策を図-1に示す。家庭規模と中規模の技術は、家庭でのワラ茎や薪の燃焼利用を改善することが目的となっており、燃焼利用がなされている「貧困削減段階」、「多様な産業振興段階」での導入が重視される。設備コスト面を考慮すると、「貧困削減段階」には家庭用メタン発酵槽、省燃料カマド、バイオブリケット生産が適合する。中型メタン発酵設備、中型ガス化設備の導入には、バイオマス利用にあたり村単位で地域産業や住民の協業が必要であり、「多様な産業振興段階」に適合性のある技術である。一方で、大型の設備を導入するには、①用いるバイオマスが未利用となっている、②ウェット系バイオマスの利用にあたり大規模な発生源がある、③インフラ面で広域からバイオマスを収集することができる、④ワラ茎など残渣系バイオマスの商品化により起こりうる価格高騰への対応（価格統制など）が可能である、といった条件が必要となる。そのため、大型メタン発酵設備、大型ガス化設備、バイオ液体燃料生産は「地域産業の集積段階」での適合性が高い。セルロース系バイオマスからのバイオ液体燃料生産は商業的には未完成であるが、中国側の関心は

高く、将来的には重要な技術オプションとなる。

経済発展に伴う産業構造の変化と連動し、バイオマスの高度利用に向けたインフラ整備と産業育成により、地域の活性化を実現する地域発展モデルを提示し（図-2）、バイオマス利用の高度化方策の詳細を以下に示す。

(1) 家庭における旧来利用形態の改善

省燃料カマドの利用により、燃焼効率を向上させて薪やワラ茎を利用し、使用量の削減と室内環境の改善を図る。バイオブリケットの生産で更に効果を高められる。また、家庭用メタン発酵槽の利用により、し尿や家畜排泄物から回収されるメタンガスを調理用燃料や照明に使うことができる。発酵残渣は肥料となり、衛生的な施肥を行うことが可能となる。

(2) コミュニティにおける循環システム形成

村単位でバイオマス循環システムを構築する。地域の産業構造を踏まえ、農業を基盤として畜産業や食品加工業が発達した地域では、農業残渣や畜産排泄物、食品廃棄物を収集し、中型メタンガス設備を導入してメタンガスに転換する。工業発展と農家の兼業化が進んだ地域では、農業残渣を収集し、中型ガス化設備を導入して合成ガスに転換する。家庭から発生するし尿、厨芥も収集して補助的に活用する。ガスは村内の家庭や工場でエネルギー利用し、発酵残渣や残灰は肥料として農地に還元する。

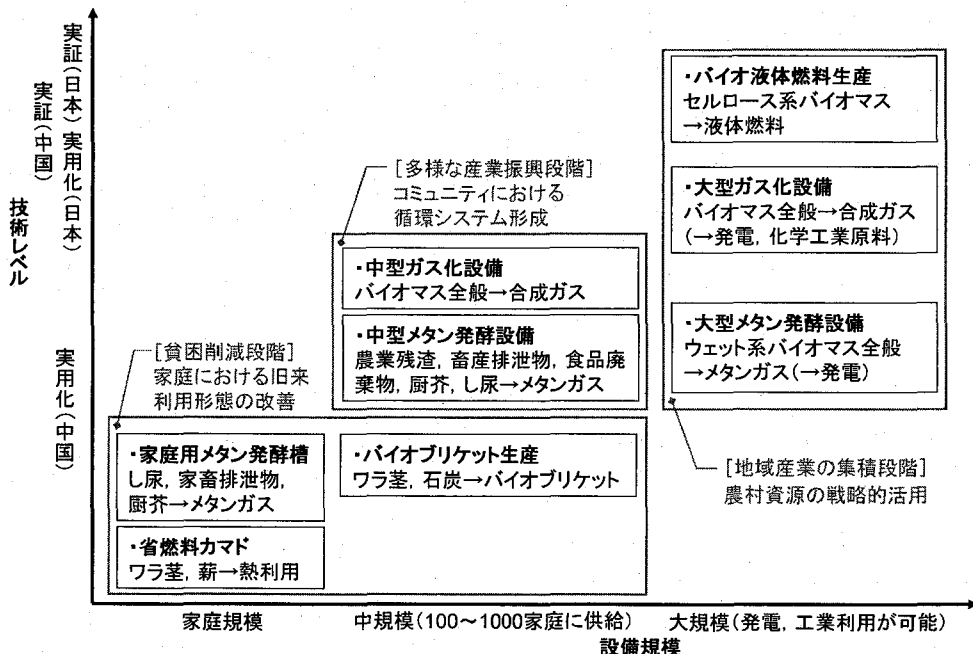


図-1 各発展段階における技術オプションとバイオマス利用の高度化方策

注) 中国が導入を目指しているバイオマスエネルギー変換技術は日中経済協会⁴⁾を参考とした。

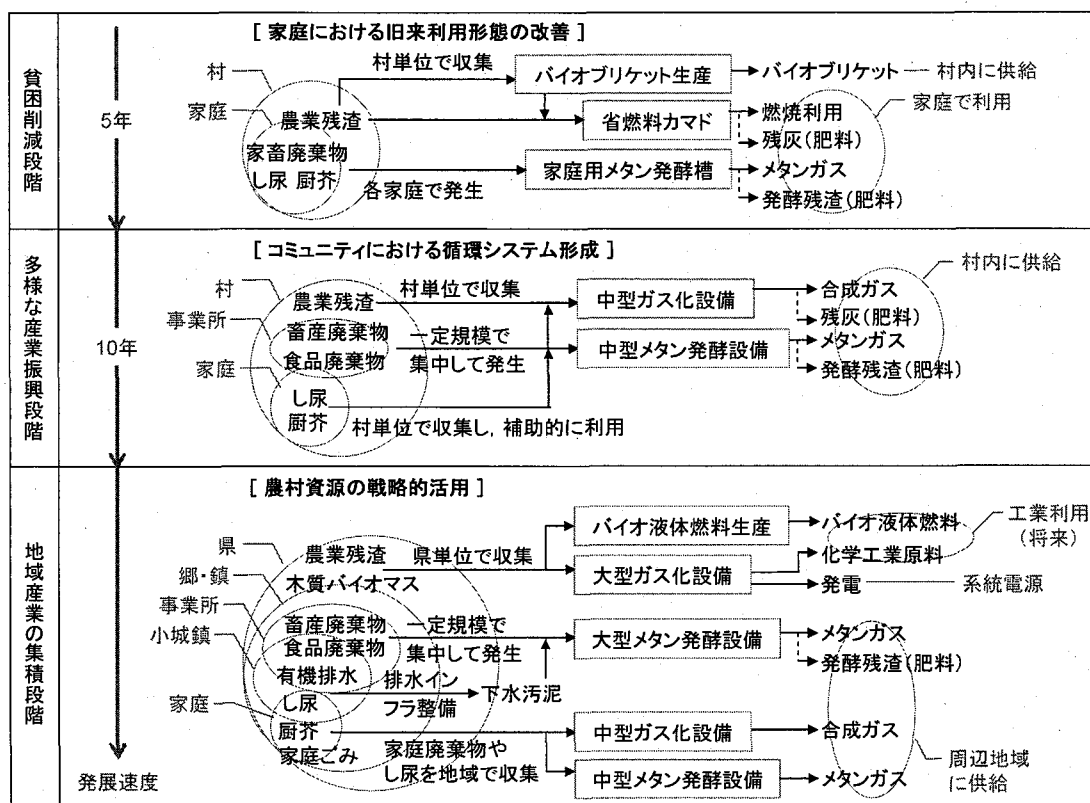


図-2 バイオマス利用の高度化による地域発展モデルの概要

(3) 農村資源の戦略的活用

農村の自然条件や地理的条件を踏まえ、バイオマス利用の観点から「地域産業の集積段階」における農村発展を図-3のように分類した。農業型では比較優位の低い土地利用型農業の維持により農業残渣（ワラ茎）が、都市近郊型では大量に発生する食品廃棄物や畜産排泄物、下水汚泥などウェット系バイオマスが、林業型では森林管理で発生する林地残材などの木質バイオマスが、漁業・草地畜産型では食品廃棄物が主要なバイオマスであり、それら地域の中堅産業から生じるバイオマスを大型ガス化設備や大型メタンガス設備を導入して戦略的に利用する。また、増加する家庭廃棄物や未利用となるし尿を郷・鎮レベルで回収するシステム構築や、小城镇での排水処理インフラ整備と合わせ、大中型メタンガス設備や中型ガス化設備の導入を行う。大中型メタンガス設備や中型ガス化設備で得られたガスは周辺地域に供給し、大型ガス化設備では発電を行う。

7. おわりに

本研究では、農村の発展段階を「貧困削減段階」、 「多様な産業振興段階」、 「地域産業の集積段階」

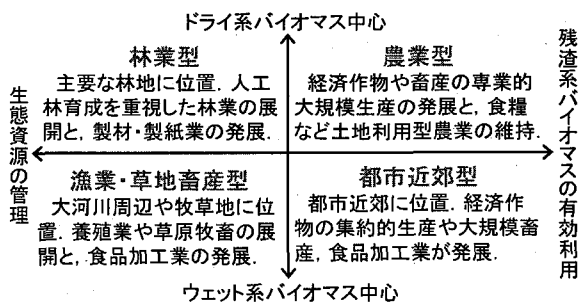


図-3 バイオマス利用に係る農村発展の分類

に類型し、各段階に適合するバイオマス利用の高度化方策として、「家庭での旧来利用改善」、「村単位での循環システム形成」、「農村資源の戦略的活用」に向けた技術システムを提示した。類型化した発展段階の定義づけの定量化と、各段階でのバイオマス利用量の定量的な推計が今後の課題となる。

謝辞：本研究の一部は文部科学省科学技術振興調整費（戦略的拠点育成）の事業のフラッグシッププロジェクト（大阪大学担当分である「アジアにおける循環型社会形成に関する研究」）並びに地球環境研究総合推進費（課題番号H-062「制度と技術が連携した持続可能な発展シナリオの設計と到達度の評価

に関する研究」)の支援を受けて実施された。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) NEDO: 海外レポートNo.951, <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/report/951/951-01.pdf>, 2007.6.9 閲覧.
- 2) 国家統計局: 中国統計年鑑2006, 中国統計出版社, 2006.
- 3) バイオマスニッポン総合戦略, 2006年3月31日閣議決定.
- 4) 日中経済協会: 中国におけるバイオマス資源を利用した石油代替エネルギー利用プロジェクトの実施可能性調査, NEDO成果報告書, 2005.
- 5) Han Lujia, Teng Guanghui, Liu Xiangyang, Yan Qiaojuan: Straw resources and utilization in China, Paper / American Society of Agricultural Engineers 2003, 2003.
- 6) 国家統計局: 中国能源統計年鑑1991-1996・1997-1999・2000-2002・2003・2004・2005, 中国統計出版社.
- 7) Wang Xiaohua, Feng Zhenmin: Common factors and major characteristics of household energy consumption in comparatively well-off rural China, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol.7, No.6, pp.545-552, 2003.
- 8) Yutaka Tonooka, Jiaping Liu, Yasuhiko Kondou, Yadong Ning and Oki Fukasawa: A survey on energy consumption in rural households in the fringes of Xian city, *Energy and Buildings*, Vol.38, No.11, pp.1335-1342, 2006.
- 9) 中国環境問題研究会編: 中国環境ハンドブック 2005-2006年版, 蒼蒼社, 2004.
- 10) 大成建設: 中国・萊陽市養豚場でのバイオガス生産による発電事業調査, CDM/JI事業調査報告書, 2007.
- 11) 市川治編: 資源循環型酪農・畜産の展開条件, 農林統計協会, 2007.
- 12) 石谷孝佑: 中国の食と食品産業 (その1), 明日の食品産業, 2007年3月号, pp.3-10, 2007.
- 13) Deng Yong: Development and Constraints of Food Industries in China, JIRCAS international symposium series, Vol.7, pp.163-170, 1999.
- 14) Qifei Huang, Qi Wang, Lu Dong, Beidou Xi, Binyan Zhou: The current situation of solid waste management in China, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, Vol.8, No.1, pp63-69, 2006.
- 15) J.Paul Henderson: Anaerobic digestion in rural China, *Biocycle*, Vol.38, No.1, pp.79-82, 1997.
- 16) 細谷昂, 吉野英岐, 佐藤利明, 劉文靜, 小林一穂, 孫世芳, 穆興增, 劉增玉: 再訪・沸騰する中国農村, 御茶の水書房, 2005.
- 17) 河村清史, 池口孝, 真柄泰造: 中国におけるし尿処理問題の動向 [I] -現状,課題そして展望-, 資源環境対策, Vol.31, No.3, pp.237-246, 1995.
- 18) 河村清史, 池口孝, 真柄泰造: 中国におけるし尿処理問題の動向 [II] -現状,課題そして展望-, 資源環境対策, Vol.31, No.4, pp.323-334, 1995.
- 19) 張磊, 片野博, 井上朝雄: 中国における住居近代化の要因に関する研究-都市近郊農村地域における生活機器の普及と住まい方の変化-, 日本建築学会九州支部研究報告3計画系, No.45, pp.17-20, 2006.
- 20) Yuan-Song Wei, Yao-Bo Fan, Min-Jian Wang, Ju-Si Wang: Composting and compost application in China, *Resources, conservation and recycling*, Vol.30, No.4, pp.277-300, 2000.
- 21) 姜春雲編: 現代中国の農業政策, 石敏俊, 安玉堯, 周応恒, 陳永福, 于日平共訳, 家の光協会, 2005.
- 22) 陳鍾善: 中国における林業政策の変遷と吉林省にみる森林管理の展開過程, 東京大学農学部演習林報告, Vol.114, pp11-42, 2005.
- 23) 陳大夫: 中国の林業発展と市場経済-巨大木材市場の行方-, 日本林業調査会, 1998.
- 24) 陸薇, 小池正雄: 中国における木材パルプ製紙と林業, 中部森林研究, Vol.51, pp129-132, 2003.
- 25) 章政: 中国における農業者の内発的エネルギーと地域の農業・農村社会・食文化の統合的發展ビジョン-地域的差異と連携課題を踏まえて-, 農村研究, Vol.100, pp.33-39, 2005.

RURAL DEVELOPMENT MODEL THROUGH IMPROVEMENT OF BIOMASS UTILIZATION SYSTEMS IN HARMONY WITH REGIONAL ECONOMIC DEVELOPMENT STAGES IN CHINA

Toyohiko NAKAKUBO, Osamu SAITO, Yugo YAMAMOTO, and Tohru MORIOKA

In this paper, economic development process of rural China after the reform and opening-up was classified into three development stages; 'poverty reduction stage', 'diversified industrial promotion stage', and 'rural industrial accumulation stage'. The paper identified the related factors which cause reduction in rural biomass use along with its development stage. Based on the biomass use conditions and problems that each development stage faces, we attempted to formulate a rural development model and provided some implication for technology transfer strategy for each development stage.