

中国四川省の農村における 土地被覆変化と生物資源利用

Land Cover Changes and Bio-Resources Utilization in a Rural Village
in Sichuan Province, China.

安部 和子* 朱 波** 恒川 篤史* 武内 和彦*

(*東京大学大学院農学生命科学研究科**中国科学院水利部成都山地災害及び環境研究所)

I はじめに

世界最大の人口をかかえる中国では、人口を支えるための食料の供給が今後、問題となると考えられるが、食料生産の要である農業においては、人為的な土地荒廃がその生産に影響を与えていた。中国においては、主に北部では風食、南部では水食が土地荒廃を引き起こしている。風食については砂漠化研究という形で研究されてきたが、水食も中国においては深刻な問題であり、同様に研究を進めていく必要がある。そのためには、環境を改善し、水食による土地荒廃を解決した地域を調査し、その効果を評価することが重要であると考えられる。

本研究では、四川省内的一小流域を対象としている。対象地が含まれる地域は、1950年代に森林が伐採されたことにより、水食が起きて荒廃した土地を、1970年代に植林によって改善したとされる地域である。本研究では、対象地域における①土地被覆の変化の要因を明らかにすること、および②回復したとされる環境における生物資源の利用状況を把握することで、主に小流域全体の農村的土地利用の持続性を評価することを目的とする。

持続性は様々なスケールと手法を用いて評価されているが、本研究では養分収支の手法を

用いて、小流域を単位とした窒素フローを推定した。養分収支とは、生産過程における主要な養分のインプットとアウトプットを算出し、その収支を求める手法である。養分の中でも肥料の三要素ともいわれる窒素、リン、カリウムは、植物の成長になくてはならない成分であり、これらのすべてあるいはどれかが養分収支の計算に用いられることが多い。養分収支でインプットが非常に多ければ、土中や表面水の汚染の原因となり、アウトプットが多ければ、土壤中の養分を使いすぎ、生産性が低下すると考えられている^[1]。

II 研究対象地の概要

研究対象地は、中国四川省綿陽市塩亭県林山郷截流村内的一小流域であり、東経105度27分、北緯31度16分に位置する(図1)。対象地が位置する四川盆地は、冬暖かく降水量の多い気候と比較的肥沃な土壤から農業が盛んであるが^[2]、表土層がそれほど厚くなく、森林伐採による表土層の攪乱および土壤侵食を受けやすい^[3]。四川省の森林被覆率は20.4%(1994年)^[4]である。

対象小流域は面積約35.8haで、19世帯61人が住む。海拔約400~540mの丘陵地にあり、東から西に向かって標高が低くなり、凹型の斜

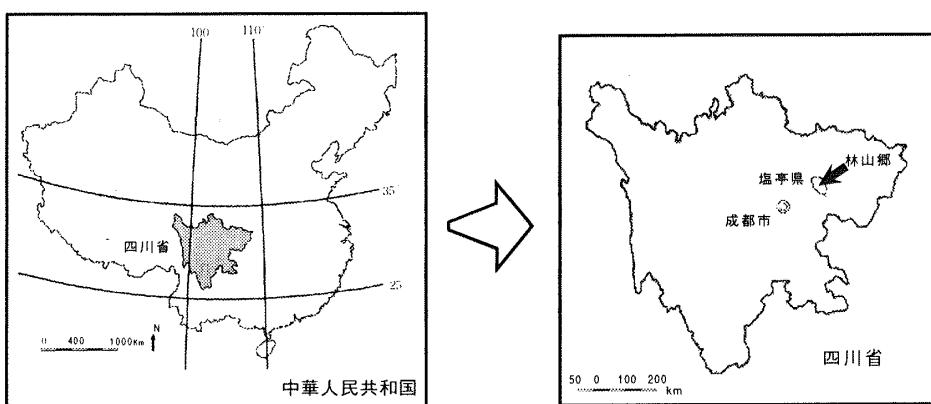


図1 対象地の位置

面になっている。斜面には、斜面と平坦面が交互に現われ、斜面は林地(約12ha)に、平坦面は畑地(約16ha)に利用され、最下部は水田(約4ha)として利用されている。年平均気温は17.3℃、年降水量は約880mmである。

III 研究手法

過去の環境変化(森林伐採・植林)については、文献による調査とインタビューを行った。森林伐採・植林の時期・状況・方法・影響についてのインタビューを1998年8月17,18,20日に截流村の村長・書記、村民を対象者として、また、18日に塩亭県農業局において行政担当者に対し、土地所有や土地利用規制、および税についてのインタビューを実施した。

資源の利用については、1998年8月4,5,9,10,11日、現地調査者が小流域内の各世帯を訪問する形式で質問表を用いたアンケートを実施した。対象小流域に住む農業を営む19世帯を対象として、各世帯1人ずつ(19人)に回答をいただいた。アンケート項目は、基本事項として家族構成、収入・支出、生活基盤として林地、農地、果樹、家畜、有機物を主とした資源として肥料、家屋(建材)、飼料、食料、燃料、水のカテゴリーに分けた(表1)。

アンケート結果をもとに、小流域内の資源利用状況を、人間・家畜・耕地とそれらをつなぐ食料・飼料・肥料として示し、窒素重に換算して定量的に把握した。使用したデータは、アンケ

トから得られた作物の収穫量とその使途、食物の消費量、飼料の量、化学肥料の使用量、有機肥料の利用状況、人口と家畜飼育数である。窒素重への換算にあたっては、中国では換算に使用できる統計的なデータがそろっていないため、日本での統計資料^{[5][6][7][8][9]}をもちいた。な

表1 アンケートの内容

| | |
|----------|--|
| 家族 | 1. 苗字 2. 家族構成(名前、年齢、性別、職業) 3. 家屋の位置 4. 移動の有無(ありの場合はその年) 5. 林地所有の有無(ありの場合は地図上に図示) |
| 林地 | 6. 林地について (樹種、流域内外別、面積、植林年、植林の目的) 7. 管理の有無(ありの場合は管理の種類) |
| 家屋 | 8. 家屋(建物)について (建設年、材料、材木本数、建替え頻度) |
| 農地 | 9. 建材の入手場所 10. 農地の位置(地図上に図示) 11. 農地面積 12. 作付け種類と作付け時期 13. 作物別収量及びその利用 |
| 肥料(有機肥料) | 14. 家畜の糞の利用 15. 人間のし尿の利用 16. 落葉の利用の有無(ありの場合はその樹種と量) 17. 生ゴミの利用の有無(ありの場合はその量) 18. その他有機肥料の有無 19. 利用している場合の材料 20. 化学肥料の種類 21. 化学肥料の入手先 22. 化学肥料の使用量 |
| 家畜 飼料 | 23. 家畜について(種類、年齢、目的) 24. 飼料について(種類、入手先、量) 25. 放牧の有無 26. ありの場合、その種類、頭数、季節、期間、場所、面積 27. 食料の供給と消費について 供給: 土地や家畜からと、市場で購入するものの種類、重量 消費: 家庭で消費、市場へ販売されるものの種類と重量 |
| 水 | 28. 家庭での水の消費量 29. 水の入手先 |
| 収入 支出 | 30. 年あたりの収入(内訳、金額) 31. 年あたりの支出(内訳、金額) 32. 燃料について(種類、入手先、量) 33. 燃えさしの処理方法 34. 果樹・菜園の有無 35. ありの場合、その位置(地図上に図示) 36. 面積 37. 果樹または作物の種類 38. 生産物の利用 |
| 燃料 | |
| 果樹・菜園 | |

お、換算については松本ら^[10]を参考にした。

IV 結果

IV-i 過去約 50 年の土地被覆の変化

対象地の過去約 50 年間にわたる土地被覆の変遷には、1958 年頃の森林伐採期と、1970 年代の植林期という 2 つの転換点が存在した。

1958 年以前の林地の樹種はイトスギ属のシダレイトスギ(*Cupressus funebris*, 中国名 柏木)であり、森林被覆率は 10-15% であった。1958 年に森林伐採が始まった。一般的には、同年から始まった毛沢東の大躍進政策により、中国では鉄鋼増産をめざして各地で鉄鋼が生産され、そのために森林が伐採されたといわれている^[11]。しかし、塩亭県では、鉄鋼は生産されていなかった。塩亭県志^[12]には、塩亭県から 140km 北に位置する広元市旺蒼で、採掘と銑鉄生産が行われ、そのために塩亭県から 6 万人の人が旺蒼に派遣されたという記述がある。このことはインタビューでも明らかになっており、労働可能な男性の約 70% が県外で鉄生産作業に従事し、県内では労働力が低下したため、農業生産は打撃を受けたという。塩亭県では、森林伐採の目的は鉄生産ではなかった。

伐採の理由は、公共食堂で用いる調理用燃料木を確保するためであった。塩亭県では 1958 年 9 月に人民公社が設立されている^[12]。人民公社の特徴としてあげられるもののひとつが、公共食堂である。人々は労働の有無にかかわらず公共食堂で食事をすることができ、またそれを義務づけられていた^[13]。塩亭県では公共食堂が 1958 年 12 月に全県に成立し、1962 年 3 月まで続いた^[12]。インタビューによれば、公共食堂で食事を調理するために食料を調達する隊が編成され、その隊が燃料供給のために森林を伐採した。その伐採は無計画で、伐採はしても植林はしなかった。1958 年に伐採は始まり、1959 年には山に木は全くなくなったといわれている。

伐採の影響はとくに燃料不足に顕著に現わ

れたほか、肥料不足による土壌の肥沃度の低下、土壌侵食の悪化と干ばつの多発、建材不足等が発生した。伐採後の作物の生産性は、米 22-45kg/a、小麦 7.5-15kg/a であり、以前より減少したといわれている。

1966 年に小規模の植林が行われ、ほぼ裸地で、まばらに草や低木が生えていた山に、柏木が低密度に植えられた。さらに、1971 年頃から、ハンノキ属の樹木(*Alnus cremastogyne*, 中國名 檜木)と柏木の 2 樹種が植林された。ハンノキ属の木は根に根粒を生じ、窒素固定をするため、肥料木となりうる。植林の方法には、この檜木を先に、柏木を後から植えるなどの工夫があった。植林は、当時の郷長が奨励したことにより、他の公社に先駆けて行われた。当時は、農作業が工分(労働点数)として数えられ、それにより人民公社から口糧が分配されるという形になっていたが、植林作業を農作業と同等に扱うことにより、植林を進めていった。これらの成果から、林山公社は 1974 年に「緑化先鋒」という称号を与えられ、また 1976 年には丘陵地区植樹造林先進典型とよばれるようになった^[12]。植林は、土壌侵食の防止のほか、燃料の供給という面で大きな効果をもたらし、植林以前は燃料として用いられていた作物残渣が、耕地に肥料として還元されるようになった。また、檜木の落葉は、有機肥料としても用いられた。

多くの檜木は 1993 年の干ばつで枯死し、現在、林地の構成樹種はほぼ柏木のみで森林被覆率は 46% である。

IV-ii 小流域内農家の生活概況

流域内に居住する 61 人の年齢構成を図 2 に示した。就労人口は 46 人、内 44 人が農業に従事している。収入は 1 人当たり平均約 926 元、その内訳は副業がほぼ半分を占め、家畜からが 37%，農作物からの収入が 9% である。その他には林地と果樹からの収入が含まれる。支出は 1 人あたり平均約 434 元である。そのうち税が 39%(1 人当たり 192 元)、農業関係(化学肥料、農薬、種子など)が 32%，その他日用品(衣服、蚊取り線香、蠅燭、塩、茶など)、食料(肉、油

など)に使われている。

1人当たりの農地面積は約6.9a、林地面積は約4.4aであった。米、小麦、ピーナッツ、トウモロコシ、サツマイモ、油菜、海椒、ゴマが生産されていた。

流域内では家畜として、牛12.8頭(いくつかの世帯により共同で所有されていたため、それについては世帯数で除した)、豚42頭、ニワトリ30羽、羊10頭、アヒル8羽が飼育されていた。牛は役畜であり、豚・鶏・アヒルは自家消費されるものと、出荷されるものがあった。

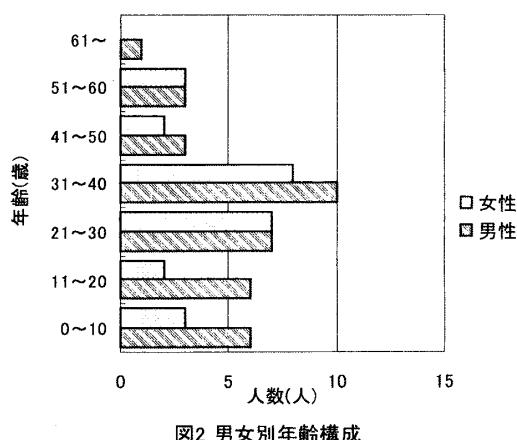


図2 男女別年齢構成

IV-Ⅲ有機物等の資源の利用状況

まず、個々の資源について明らかにした。

飼料にはすべての家畜飼育世帯(17世帯)で、自家生産のサツマイモ、トウモロコシ、稲の葉が用いられていた。また、一部では市場から配合飼料を購入して使っていた。耕地から供給される飼料としては上記のもののほかに、サツマイモの副産物、トウモロコシの葉も含まれる。これらについては、主産物の全生産量に、1から水分率をひいたものと、副産物/主産物の生産比と、副産物中の窒素率を乗じて窒素率を求めた。飼料として用いられる資源は窒素重に換算すると、78kgN/ha/yであった。

肥料は、有機肥料として人糞(利用率10~20%)、家畜(牛・豚)の排せつ物、作物茎葉が用いられ、一部の世帯では、落葉、生ゴミが用いられていた。しかし、現在の林分である柏木の落葉は、肥料には適していない。窒素重へは、アンケートで得た人数及び頭数に、それぞれの年間排せ

つ物窒素重を乗じ、人間の分については利用率も乗じて換算した。化学肥料は、市場から購入され、尿素、リン酸肥料、炭酸アンモニウムの3種類が使用される。施肥量は平均で、尿素1.6kg/a、リン酸肥料9.3kg/a、炭酸アンモニウム10.2kg/aであった。流域外から持ち込まれる肥料(化学肥料)の窒素重は、耕地1haあたり373kgN/ha/yである。

表2 小流域内で用いられる飼料

| | 重量(kg/y) | 窒素重(kgN/y) |
|-----------|----------|------------|
| トウモロコシ | 4246 | 58 |
| サツマイモ | 9000 | 29 |
| トウモロコシ副産物 | 4694* | 64 |
| サツマイモ副産物 | 1409* | 30 |
| 米副産物 | 15302* | 140 |
| 配合飼料 | 325 | 8 |
| 合計 | | 329 |

*乾燥重量

表3 小流域内で用いられる肥料

| | 重量(kg/y) | 窒素重(kgN/y) |
|----------------|----------|------------|
| 人間の排せつ物 | 146* | 34 |
| 牛の排せつ物 | 28380* | 876 |
| 豚の排せつ物 | 12306* | 634 |
| 化学肥料(尿素) | 4305 | 1248 |
| 化学肥料(リン酸肥料) | 3934 | 0 |
| 化学肥料(炭酸アンモニウム) | 694 | 319 |
| 合計 | | 3111 |

*乾燥重量

食料は自家生産の穀物類のほか、肉、油等を市場から購入し消費していた。1人当たりの年間消費量は小麦約91kg、米約157kg、肉類約7.4kgであった。耕地1haあたりの作物(食料)生産は窒素重に換算して69kgN/ha/yであり、家畜から得られた食料26kgN/ha/yとあわせたうちの、37kgN/ha/yが流域外に持ち出されていた。流域外に持ち出されたものは、主に家畜と換金作物である。

表4 小流域内で消費される食料

| | 重量(kg/y) | 窒素重(kgN/y) |
|-------|----------|------------|
| 小麦 | 5731 | 103 |
| 米 | 9575 | 119 |
| ピーナッツ | 207 | 10 |
| 緑豆 | 15 | 1 |
| 肉 | 490 | 11 |
| 卵 | 150 | 3 |
| 合計 | 16169 | 246 |

つぎに、耕地に注目し、1haあたりのインプットとアウトプットを解析した(表5)。インプットとしては有機肥料(家畜と人間の廃棄物中利用している分)と化学肥料、水田における窒素固定、降水が、アウトプットとして作物によ

る吸收(そのまま耕地に戻される副産物は除く)と脱窒、溶脱、侵食、流出が考えられた。窒素固定と降水、脱窒については文献^{[14][15][16]}から値を推定した。溶脱は、肥料の投入量に影響をうけるため、ここでは、ほかのデータを文献によりそろえ、超過する分が溶脱としてでていくと考えられる。インプットは、家畜(牛・豚)の排せつ物と化学肥料が全体のほぼ半分ずつを占める。耕地 1haあたりでの収支はインプットが 753kgN/ha/y、アウトプットが 280kgN/ha/y であった。

表 5 耕地1haあたりの窒素収支

| インプット | | アウトプット | |
|----------|---------------|--------|---------------|
| | 窒素重(kgN/ha/y) | | 窒素重(kgN/ha/y) |
| 有機肥料(家畜) | 360 | 作物吸收 | 145 |
| 有機肥料(人間) | 8 | 脱窒 | 41 |
| 化学肥料 | 373 | 侵食流出 | 94* |
| 窒素固定 | 8* | 溶脱 | |
| 降水 | 4* | | |
| 合計 | 753 | | 280 |

* 文献^{[14][15][16]}による推定値

以上の結果をふまえ、小流域全体の窒素フローを推定した(図3)。流域全体としてみた場合、流域内から流域外へのアウトプットは作物と家畜の持ち出しと脱窒、土壤の侵食流出である。インプットは化学肥料のもちこみがその大部分を占め、ほかは購入飼料、窒素固定、降水、市場から購入する食料などである。

V 考察とまとめ

1950年代に中国全土でおきた森林伐採は、大躍進政策による鉄鉱増産が原因であるといわれているが、対象地をふくむ塩亭県では鉄鋼が生産されず、共同食堂での調理に用いる燃料木の確保が森林伐採の理由であった。これは、塩亭県で鉄鉱石が産出しないことと、効率の良い燃料収集が求められたためと考えられる。

1970 年代に行われた植林の結果、対象地の森林被覆率は四川省の平均を大きく上回り、植林が量的には成功していることがわかった。これは対象地の 1 人あたりの林地面積が四川省平均の約 2 倍であることにもあらわれている。森林の量的回復にみられる植林成功の要因は以下の 2 点と考えられる。まず、樹種の選択(植林の方法)がよかつたこと、つぎに、植林作業に対し、農作業と同じ労働点数を与えることにより、農民に対して経済的インセンティブをもたらせたことである。

植林により土壤侵食は防止され、燃料が供給されて、燃料として使われていた農作物の副産物が耕地に戻されることにより、流域内での物質循環は比較的良好なものとなった。しかし、窒素収支による小流域内の資源利用の把握により、現在の流域内の耕地においては、インプットがアウトプットに比べると非常に大きいことが示された。化学肥料の多投入による水域の汚染が懸念されている日本での数値は、化学肥料投入量が耕地 1haあたり 142kg/ha、耕地への投入窒素量が、 $343\text{kg/ha}^{[17]}$ であり、小流域における値とこれとを比較しても、研究対象地においての耕地へのインプットは大きいといえる。家畜の排せつ物による施肥量については、飼料以外の栄養を小流域内の耕地以外の場所で得ており、小流域を単位とした収支はつりあうと考えられるが、化学肥料については小流域全体からみても、その投入量が多いことが示唆された。化学肥料の施肥量が多いことによる土壤や水質の汚染については、今後、実際に測定し、検証していく必要があると考えられる。化学肥料の

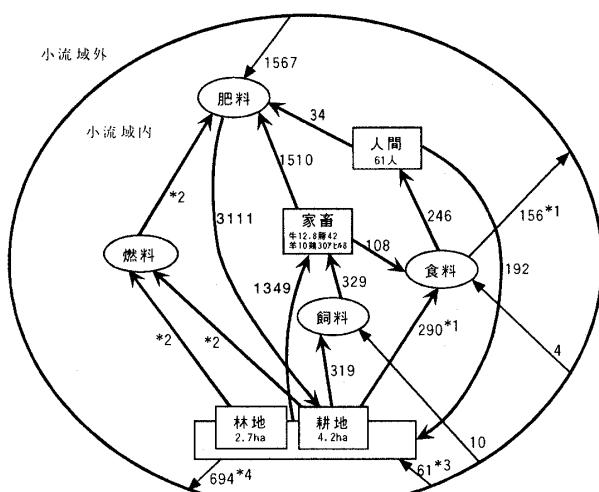


図 3 流域内の窒素フロー(単位:kgN/year)

*1 アブラナ1260kgを除く。

*2 燃料については正確なデータが得られていないため、ここでは、流れのみを示した。
農作物の蒸気燃料として使われるものは

*2 空港用油および降水 農作物のうち燃料として使われるのは、ピーナッツ(主産物生産量290kg)の殻である。

*3 塩素固定および降水。
*4 脱窒および侵食流出。

4 脱室および便良川山。

投入量については、対象小流域において落葉を肥料として用いることができる榎木が枯死した後に、増加したといわれている。化学肥料の多投入は、森林が量的には回復したものの、質的には現在の林地の構成樹種がほぼ柏木のみであることから、林地からの生産(落葉等)による施肥効果が期待できないと考えられる。

今後、農業の持続性を考えた場合、化学肥料の施肥については生産性と施肥量の関係を明らかにして、効果的な最小限の施肥量を考慮することが必要であろう。さらに、対象地では、家屋に近い農耕地では有機肥料も使用されており、落葉などの林地からの生産を有効に使うことも可能であるため、現在の柏木のみの林分を、榎木などの落葉利用が可能な樹種を含む林分に転換していくことが望ましい。

謝辞

本研究の実施にあたっては、対象地の方々にご協力いただいた。また、本稿をまとめるのにあたり、三島慎一郎氏(農林水産省農業環境技術研究所)には窒素フローについての貴重な助言を賜った。ここに深く感謝の意を表する。

参考文献

- [1] De Koning, G.H.J., Van De Kop, P.J. and Fresco, L.O.(1997): Estimates of sub-national nutrient balances as sustainability indicators for agro-ecosystems in Ecuador. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **65**, 127-139.
- [2] 任美鐸 編著(1986):「中国の自然地理」、東京、東京大学出版会、376pp.
- [3] 農林水産省農林水産技術会議事務局(1996):「日中農業技術交流代表団報告 - 農耕地の荒廃防止及び対策技術導入のための土地評価手法に関する調査 - 」, 31pp.
- [4] 四川省統計局 編(1995):「四川統計年鑑」、北京、中国統計出版社, pp.34.
- [5] 科学技術庁資源調査所(1982):「バイオマス資源のエネルギー的综合利用に関する調査」、東京、科学技術庁資源調査所, 388pp.
- [6] 科学技術庁資源調査会 編(1982):「四訂 日本食品標準成分表」、東京、大蔵省印刷局, 707pp.
- [7] 農林省畜産局 監修(1978):「家畜排せつ物の処理・利用の手引き」、東京、中央畜産会, 213pp.
- [8] 農林水産省農林水産技術会議事務局(1983):「日本標準飼料成分表」、東京、中央畜産会, 160pp.
- [9] 農林水産省農林水産技術会議事務局(1986):「C3,C4,CAM作物個体群における太陽エネルギー利用」.
- [10] 松本成夫・三輪春太郎・袴田共之(1990): 農村地域における有機物フローシステムの現存量とフロー量の推定法. *システム農学*, **6**(2), 11-23.
- [11] スミル・ヴァーツラフ(1996):「中国の底流シリーズ 2 輸まれた大地 中国の環境問題」、京都、行路社, 289pp.
- [12] 四川省塩亭県志編纂委員会 編纂(1991):「塩亭県志」、四川文藝出版社, pp.23-36.
- [13] 宮下 忠雄(1970): 中国経済の回顧と展望. 宮下 忠雄 編「文化大革命と中国の政治・経済」、東京、アジア政経学会, pp.26-57.
- [14] 鳥山和伸(1996): 多様な水稻栽培方式における水田土壤肥料研究の現状と方向 1. 水田土壤における養分動態研究の進歩 その1-窒素-. *日本土壤肥料学雑誌*, **67**(2), 198-205.
- [15] Stoervogel, J. J., Smaling, E. M. A. and Janssen, B. H.(1993): Calculating soil nutrient balances in Africa at different scales I .Supra-national scale. *Fertilizer Research*, **35**, 227-235.
- [16] Zhu, B., Li, T., Chen, S and Zhang, X(1994): Purple Soil Degradation and Soil Productivity Restoration and Maintenance in Hilly Land of Southern China. *Institute of Mountain Hazard and Environment*, 1-12.
- [17] 上沢正志(1994): 持続型集約農業と農耕地土壤養分の管理技術の展望. *システム農学*, **10**(2), 129-138.

Land cover changes during the past 50 years and actual status of bio-resources utilization were analyzed to evaluate agricultural sustainability in a small catchment area in Sichuan Province, Southern China. This study revealed that massive deforestation in the 1950's was for fuel wood supply in this area. Afforestation in the 1970's restored the forest resources quantitatively, which means the forest cover ratio became double the average in Sichuan Province. The analysis of bio-resources utilization suggested that the nitrogen input, mainly consisting of chemical fertilizer, remarkably exceeds the nitrogen output in the study area.