The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	陝北黄土高原有机物大循环途径的探索和实践
Author(s)	亢, 福仁; 深尾, 葉子
Citation	大阪外国語大学論集. 2006, 32, p. 89-105
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/79965
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

陕北黄土高原有机物大循环途径的探索和实践

亢 福仁（大阪外国语大学外国人研究员、中国榆林学院副教授）
深尾叶子(大阪外国语大学副教授、中国榆林学院客座教授)

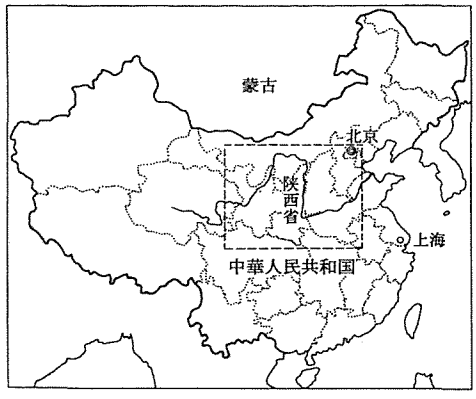
摘要　本文通过陕北黄土高原生态环境的历史变迁分析，认为现在的陕北黄土高原生态环境恶化的主要原因是人为因素造成的．作者们经过多年的研究和探索，提出了把具有地区特色和魅力的陕北文化与生态环境恢复与重建有机结合起来，利用这里丰富的人畜粪尿等自然资源，通过引进日本先进的环境保护技术和理念，建立陕北黄土高原有机物大循环体系，通过改善日益严重环境污染等途径来进行黄土高原生态环境的治理．通过过去几年的实践，证明是一条切实可行的有效途径．

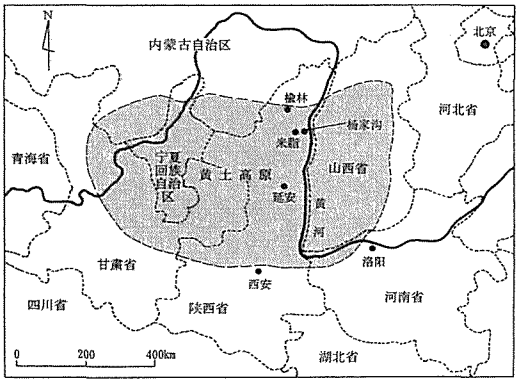
关键词：黄土高原　　生态文化　　有机循环

1．引言

1．1 黄土高原概况

广义上的黄土高原是一个涉及中国中部和西部七个省区的广阔地区．它西起青海省日月山、甘肃省祁连山之乌鞘岭与宁夏自治区贺兰山．东至太行山、南达秦岭北麓、北越晋陕长城直抵内蒙古阴山南麓．大部分面积位于黄河流域中游地区，仅有少部分面积位于海河流域．包括陕西省关中与陕北地区，山西省全省，甘肃省陇东与陇中地区，青海东部河湟流域，宁夏自治区全部，内蒙古自治区河套地区和鄂尔多斯高原，河南省崤山以北与郑州以西的大部分地区．根据有关资料，其面积约 64 万平方公里，人口约 8740 万人．而狭义上的黄土高原一般是指包括甘肃省东部地区，宁夏回族自治区，陕西省关中及陕北地区和山西省大部分地区等为主所组成面积大约 38 万平方公里的区域．这一区域地处黄河中上游地区，是中国水土流失和沙漠化最为严重的地区．历史上这里曾经是兵家必争之地，其生态环境一直





地图 1　黄土高原区域分布图
（『黄土高原の村—音・空間・社会—』）

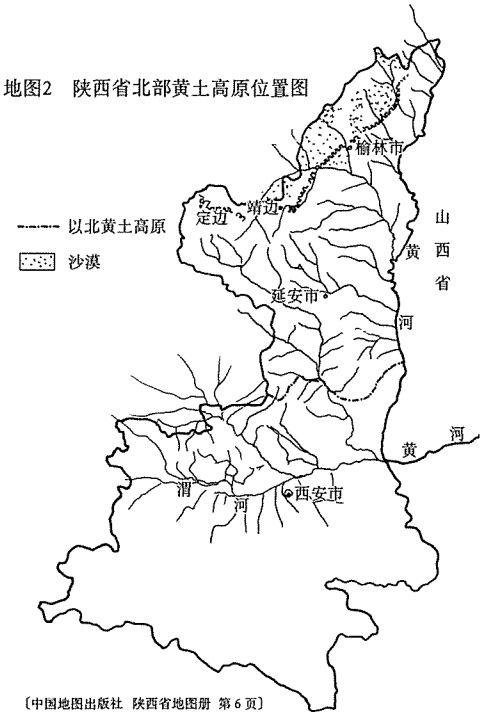
受到人类自身活动的影响和破坏，目前其生态环境恶化的程度已经给中国的黄河中下游地区带来了严重的危害．因此，这里已经成为人们争相关注和研究的热点地区之一．

1.2 陕北黄土高原及其生态环境的历史变迁

1.2.1 陕北黄土高原概况

陕北黄土高原特指位于黄土高原中心的陕西省北部地区，行政区域包括陕西省的延安市和榆林市，面积约 8.06 万平方公里，人口约 540 万人（榆林市人民政府网址 http://www.yl.gov.cn）．这里虽然面积不大，仅占整个黄土高原面积的 12%．但是它处于中国北方半干旱农牧交错带上，其南部属地势起伏较大的典型丘陵沟壑区，北部为地势较为平坦的风沙滩地．这里是黄土发育最为深厚的地区之一，黄土厚度平均为 150—200 米．由于强烈的水土流失和沙漠化，使这里成为具有典型水蚀地貌和风蚀地貌特征的地区．从一定意义上来说，它已经成为中国黄土高原地区水土流失和沙漠化的一个典型缩影．目前，这一地区已经成为黄河流域水土流失最为严重的地区，随黄河每年大约 16 亿吨的泥沙量流失，其

地图2　陕西省北部黄土高原位置图



〔中国地图出版社　陕西省地图册　第 6 页〕

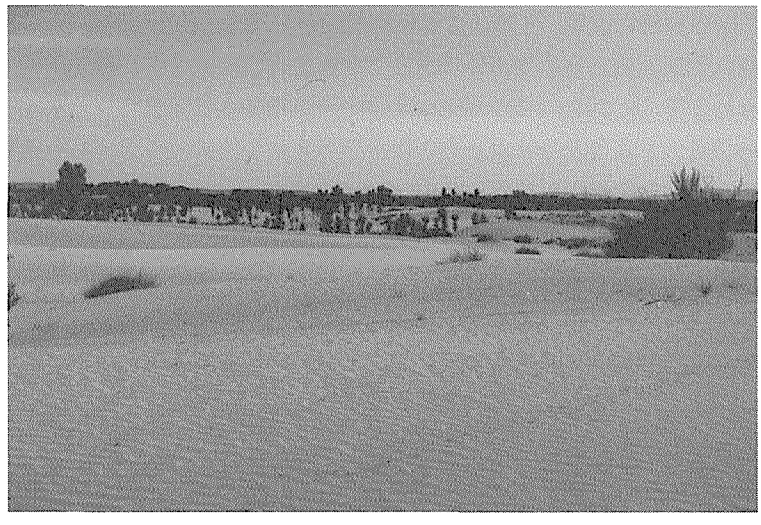
照片 1　陕北黄土高原地貌

中 70%左右来源于这一地区．其生态环境之脆弱程度已经到了非常严重的地步．加之，这一地区地下具有丰富的矿产资源．近年来，随着中国中央政府对这一地区开发力度的加大，使本来已经很脆弱的生态环境面临更为严峻的挑战．环境保护问题特别是生态环境恢复与重建问题已经成为关系这一地区及其毗邻省区经济、社会可持续发展的首要问题． 因此，多年来，这里一直是国内外许多专家学者关注和研究的重点地区．

1.2.2..陕北黄土高原生态环境的历史变迁

根据自然历史地理学，考古学和地质学等学科的研究成果，在漫长的地质时期，这里的生态环境主要受到当时气候条件的影响，没有人为因素的影响，其决定生态环境的主要特征…植被分布状况是随着气候带的变迁而发生规律性变化的．以全新世中期为例，根据黄土孢粉分析结果，这里主要以半湿润阔叶林为主森林草原景观，与当今的自然景观不同．进入人类历史时期以后，这一地区的生态环境逐渐受到人类自身活动的影响，在人类活动的早期，根据考古学家对发现的多处原始人遗址分析，可以断定，当时在这里生活的人类主要过着狩猎和游牧生活，对生态环境的影响是十分有限的．这里大部分地区依然是森林密布、水草丰美的景观，其生态环境可以说是十分优越的(史念海 2001 pp384—391)．这一景观一直持续到这一地区出现了比较发达的农业技术和农耕文化以后，这里逐渐发展成为中华文明的主要发祥地之一，其生态环境才真正开始受到人类自身活动的较大影响．其变迁过程也深深地烙上了人类活动的印记．

进入人类文明时期，根据中国古代有文字记载的历史资料来看，这一地区大部分时间内是被北方游牧民族所占居．但是自从秦始皇统一中国后，派大将蒙恬和太子扶苏镇守上郡(今陕西榆林市附近)，向这一地区过去有 30 万屯军及大规模移居，出于人口增长和戍边防务的需要，大量的草地和林地被毁坏，很大一部分被开垦为农田，以满足军队和人们的生活需要，原来森林草原的自然景观逐渐被人为的农业景观所取代．最终的结果必然是导致土地退化，



照片 2 陕北毛乌素沙漠的景光

植被减少，自然生态景观遭到严重破坏，沙漠化加剧．直至这一地区无法从事农耕生产，这一地区又重新回到游牧民族手中时，这里的生态环境才慢慢得到恢复．到了隋唐初期，统治者出于当时社会政治、军事需要，又出现了和秦汉时期一样的情况．重新向这一地区大量屯军和大规模移民，造成了这里的生态环境的又一次大规模破坏，以至于出现了沙漠景观，一直持续到今天(朱士光　1999　pp11-17)．陕北毛乌素沙漠的出现就是一个典型的例子．

需要特别指出的是，中国古代的统治者并没有真正汲取历史上的教训．到了明清时期，由于明代末期战乱不断，加上大量难民的涌入，使这一地区的植被和森林又一次遭到空前的破坏．这一状况虽然在清王朝统治初期由于禁止开垦的政策的实施有一定改善．但到了清王朝后期，随着满清政府出于其自身统治的需要，重新允许和鼓励汉民族和游牧民族在这一地区进行开垦种田开始，这里的生态环境也就迅速恶化．沙漠化进一步加剧和扩大．这种状况一直持续到 20 世纪 80 年代以前．

从以上黄土高原生态变迁的历史发展过程中，我们可以清楚地看到，人类自身不断地不合理开发，是导致陕北黄土高原地区生态环境恶化的主要原因．时至今日，这里的生态环境已经发生了很大的变化．往日的森林已经几乎无处可寻，换来的已是沟壑纵横，植被稀少的光山秃岭、水草丰美的景象已不再现，代之而来的已是土地沙化和流沙遍地的景观．从 20 世纪 80 年代末期开始，由于中国政府实行退耕还林(草)政策以来，这种状况才得到明显的扼制．目前，陕北黄土高原的生态环境总的来说已经出现向好的方向逆转的迹象．但是,形势依然严峻．因而，历史的教训值得我们认真反思．

2. 榆林学院黄土高原生态文化恢复中心建立的理念和目标

2.1 生态文化恢复理念的提出

榆林学院做为身处这一区域内的综合性大学，担负着研究探索这一地区经济、社会可持续发展的战略和途径的重任．多年来，在水土流失治理，生态环境重建等方面形成了具有自身优势的特色学科和研究成果．但是，这些仍然不能适应经济、社会快速发展的需要．因此，进一步积极投入到陕北黄土高原生态环境恢复与重建的科学研究中来，探索出新的有效途径是其义不容辞的责任．从 2002 年起，通过我们和长期从事中国黄土高原文化和生态恢复研究的日本大阪外国语大学深尾叶子及东京大学情报学环安富步的共同努力，在中国榆林学院成立了由我院和东京大学情报学环共同发起的"榆林学院黄土高原生态文化恢复中心"　这个榆林学院第一个中日合作研究机构．中心的成立，旨在结合自身的地域特点，通过消化和吸收日本等发达国家有关先进的科学技术成果，为黄土高原生态环境的恢复与重建找到一条新思路和有效途径．

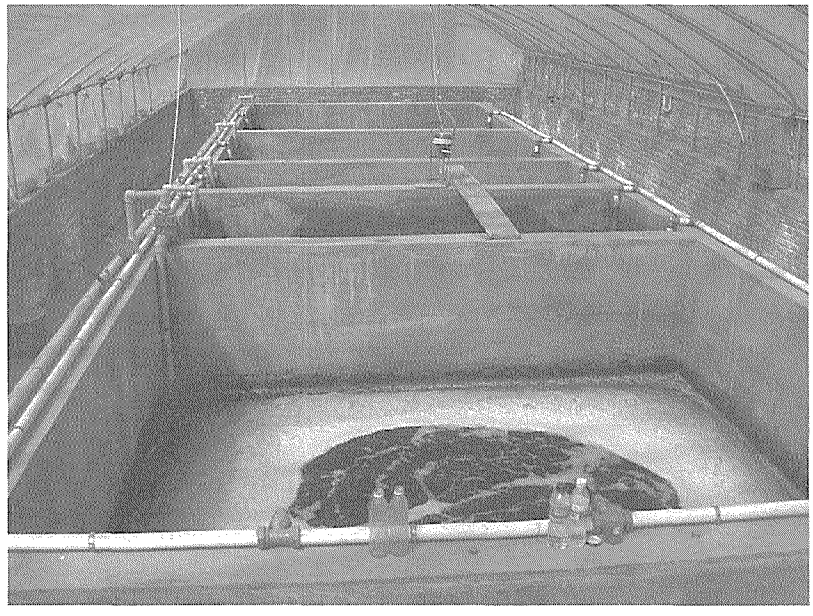
我们鉴于黄土高原生态环境恶化是历史上自然因素和社会因素相互作用的结果，有着非常复杂的社会历史原因，认为黄土高原生态环境建设也是一项复杂的系统工程．我们生态文化恢复中心的安富和深尾，根据其多年的研究实践，结合日本近年来建立循环型经济的经验,在复杂系学说的理论启发和指导下,主张相关自然科学研究和人文科学研究的有机结合，吸收有关自然科学和人文科学的研究成果．有目的和有针对性地组装,走有机物大循环之路，以指

导黄土高原生态恢复与重建.

基于陕北黄土文化本身所表现出具有鲜明的地域特色和顽强的生命力这一基本特征，第一次明确提出了把陕北黄土高原生态环境恢复与重建和陕北文化这一宝贵的资源有机结合起来的新理念和新思路．这是因为陕北黄土文化在她长期的形成和发展过程中,有着人们在艰苦环境下同自然做斗争的特殊客观背景．它不仅积累了丰富的同艰苦自然环境做斗争的经验和方法，而且是具有悠久历史内涵的传统文化．长期以来，陕北人一直把她当做赖以生存的主要精神食粮．像陕北秧歌、信天游和陕北窑洞文化等这些典型代表．例如信天游这种高亢的歌唱形式不仅可以唱出人们对爱情和美好未来生活的憧憬，而且可以唤起人们对陕北这块黄土地的热爱和期盼．陕北窑洞文化则是陕北黄土高原这个特定环境里人们充分利用自然条件的成功典范(深尾　2000　p12)．一个地方地区域文化和人们的日常生活和从事农业生产活动息息相关，成为当地人们生活的一个重要组成部分．如果积极探索生态恢复,必须同时考虑其文化实践的充实化．

2．2．黄土高原生态文化恢复中心的目标和行动

黄土高原生态文化恢复中心的成立，旨在一方面做为榆林学院对外学术交流的一个平台和窗口，另一方面也为日本有志于中国黄土高原生态环境恢复与重建研究的有关学者在当地从事相关科学研究提供研究基地．因此，自该中心成立以来，在民间和社会各界引起广泛的反响，越来越受到当地政府和有关部门的重视和支持．　在榆林市科学技术协会的帮助下，先后两次组织日本有关专家来榆林学院和卧云山植物园进行学术交流和参观指导．在日本友人的邦助下，引进日本北海道粪尿无害化处理技术和日本青木电器成套处理设备，在榆林学院



照片３　设在榆林学院内的日本式粪尿无害化处理设施

建立了中国第一个以日本好气性发酵技术为主的粪尿无害化处理设施，并且开始了相应的实验研究.

与此同时、他们还申请了日本国驻华使馆的对华无偿援助"利民工程"项目…米脂县有机物循环体系建立等项目．还为众多日本民间团体和个人关注黄土高原生态环境的恢复与重建活动牵线搭桥．同时，我们还通过建立以庙会为主体的黄土高原国际民间绿色网络．这一充分体现当地地域文化特色的网络，吸收和吸引了不少陕北地区及毗邻宁夏、内蒙古、山西等省区的庙会的参与．还有很多教学科研机构和私营公司的负责人以个人身分加入到网络中来．目前已经大约有 50 多名日本学者和国际友人参与其中(深尾 2005 p354)．更有意义的是在当地新闻媒体的积极参与下， 通过庙会来号召和组织人们开展植树造林活动，不仅起到了很好的宣传和引导作用．而且实现了使农民由过去在生态环境恢复与重建中的被动接受向主动参与的行为观念转变.达到了以前政府需要花费大量人力和财力想做而做不到的效果.

3. 陕北黄土高原建立有机物大循环是循环经济发展的客观需要

3.1 循环经济的提出及其发展

"循环经济"一词是美国经济学家 K·波尔丁(Kenneth Boulding)在 20 世纪 60 年代首先提出的 (Boulding 1968)． 它是一种运用生态学规律来指导人类社会的经济活动并且建立在物质不断循环利用基础上的新型经济发展模式．其本质上是一种生态经济．它要求把经济活动组织成为"资源—生产—消费—二次资源"的封闭式流程．循环经济有其自身可以遵循的原则，目前学术界将其归结为 3R 原则：一是减量化原则（Reduce） 要求用较少的资源投入来达到既定生产目的或消费目的，在经济活动的源头注意节约资源和减少污染．在生产中，减量化原则常常表现为要求产品体积小型化和产品重量轻型化．此外，要求产品包装追求简单朴实而不是豪华浪费，从而达到减少废弃物排放的目的．二是再使用原则（Reuse）要求产品和包装容器能够多次使用或修复、翻新后继续使用，以延长产品的使用周期，从而节约生产这些产品所需要的各种资源投入．三是再循环原则（Recycle）要求生产出的物品在完成其使用功能后，能重新变成可以利用的资源而不是无用的垃圾．显然，通过再使用和再循环原则的实施，反过来强化了减量化原则的实施．循环经济的 3R 原则使资源以最低的投入，达到最高效率的使用和最大限度的循环利用，实现污染物排放的最小化，使经济活动与自然生态系统的物质循环规律相吻合，从而实现人类活动的生态化转向和经济的规模效益递增.

循环经济与传统经济的区别在于传统经济遵循的是"资源—生产—消费—废弃物排放"单向的线性过程，其结果是地球上的资源和能源越来越少，而垃圾和污染却日益增长．其主要特征是经济增长速度与资源消耗强度、环境负荷强度在速率上成正比，形成典型的"三高一低"模式，即高开采、高消耗、高排放和低利用．而循环经济按照 3R 原则，形成典型的"三低一高"模式，即低开采、低消耗、低排放和高利用，最大限度地减少初次资源的开采，最大限度地利用不可再生资源．而且资源的循环利用提高了生态环境的利用效率．因此, 循环经济体现了一种新的经济发展理念，它确立了新型的资源观和经济发展模式，从根本上改变了人们的

传统思维方式、生产方式和生活方式．它要求全社会增强珍惜资源、循环利用资源、变废为宝、保护环境的意识，实现资源利用的减量化、产品的反复使用和废弃物资源化．它要求政府在产业结构调整、科学技术发展、城市建设等重大决策中，综合考虑经济效益、社会效益、环境效益，节约利用资源，减少资源与环境财产的损耗，促进经济、社会与自然的良性循环。它要求企业在确定经营方针和从事经济活动时，兼顾经济发展、资源合理利用和环境保护，逐步实现"低排放"或"零排放"，从而营造出一个人与自然和谐发展的循环型经济社会．目前在日本等许多发达国家，循环经济正成为一股潮流和趋势。

随着中国经济的高速增长，资源环境瓶颈约束加剧，建设节约型社会是实现可持续发展的内在要求．发展循环经济是建设节约型社会的重要途径．要建设节约型社会，最根本的是实现经济增长方式的转变，摒弃传统的资源高度依赖型发展模式，重视和发展建立在物质不断循环利用基础上的经济发展模式，实现经济发展、社会进步和环境保护的"三赢"．因此，建设节约型社会必须加快发展循环经济．

3.2 陕北黄土高原发展循环经济的必要性

首先,陕北黄土高原地区处于中国北方生态环境十分脆弱的的地区．自然生态条件比较差，其生态环境的恢复与重建工作是一项非常复杂的系统工程．尽管多年来，国家和地方政府投入了大量的人力、物力和财力，在相关科学研究成果的指导下，以小流域综合治理为目标．通过生物措施和工程措施进行了有效的治理，取得了一定的成效，使水土流失和沙漠化趋势得到了一定程度的有效扼制．但是，根据我们的调查分析发现,诸如城市和农村地区水污染日趋严重，土地退化现象依然发展的突出问题依然存在．2003 年和 2004 年在黄土高原生态文化恢复中心的组织下，深尾和安富邀请东京大学农学院福田健二副教授和东京大妻女子大学藤本悦子教授多次带领有关研究人员，对陕北黄土高原地区植被恢复动态、土地退化和水质污染等状况进行了全面系统的调查和研究．根据调查研究结果发现，由于该地区农民在从事种植业中，严重超量使用化学肥料和违禁化学农药等，陕北黄土高原地区土地贫瘠化现象并没有因为退耕还林（草）政策的实施而得到有效的扼制，相反土壤肥力仍有不断的下降的趋势．这种种植业生产中缺乏一定有机物循环的生产方式只能是一种只顾短期利益，忽视长远利益的行为．如果继续这样下去的话，势必造成黄土中原本就很少的土壤有机质的完全丧失和土壤结构的严重破坏，加重水土流失．也许不久的将来就会出现人们通过多年生物、工程等多种措施的治理成果将毁于一旦的状况．同时我们在调查中也发现，正是这种生产方式的普遍存在已经造成当地农村地区水质的严重污染(藤本悦子 2004)，直接威胁人们的正常生活．这是一个非常严重的环境和社会问题．如果不能及时妥善加以解决的话，其后果是难以想像的．但是，至今尚没有一种比较好的途径能够从根本上解决这个问题．更为严重的是当地政府部门的一些领导和相当一部分农民并没有真正认识到这个问题的严重性．因此，尽快探索解决这一问题的途径和方法就显得特别急迫和必要．我们黄土高原生态文化恢复中心的中日合作研究者在分析和总结前人研究成果的基础上，通过我们自身几年的研究实践和体会，我们一致的共识是:在陕北黄土高原生态环境恢复和重建中至今仍缺乏一条合理的治理水土流失和防止生态环境恶化的根本有效途径．面对这样的现实，我们认为很有必要探寻一条符合当地实

际的新途径．而这条途径就是要走有机物大循环的循环经济之路．

由于自然界很多资源都是可以循环再生的，循环经济要求尽可能利用这类资源，替代不可再生资源，使生产循环与生态循环耦合，合理地依托在自然生态循环之上．如利用太阳能替代石油，利用地表水替代深层地下水，用农家肥替代化肥等．人畜粪便等农家肥自古以来就是肥料资源，是古代人利用可再生资源实行循环农业生产的创举．今天，随着化肥的出现和大量使用，人们很少再利用农家肥了，这就打破了这种与生态循环耦合的生产循环，农家肥反而成为污染物．

上述这种现象在陕北黄土高原地区表现的尤为突出．考虑到该地区城市和农村有着丰富的人和家畜禽粪尿资源，它是进行人工有机物大循环的基本原料．再加上有机粪肥对改良黄土高原土壤结构和特性有着特殊的作用，我们通过分析和研究认为，在目前陕北黄土高原地区解决这一问题的最好的有效途径是尽快建立起符合当地实际的有机物循环体系，消除种植业生产中对化学肥料的过度依赖，最大限度减少化肥的使用量．因为相对于化学肥料来讲，这一地区丰富的人、畜、禽粪肥是一种非常廉价的肥料．目前它之所以没有得到很好利用的主要原因一是人们过分依赖化学肥料．二是人们在粪肥处理上技术落后、肥效低下所至．在这一地区，目前所仅依靠的方法仍然是费时、费工，而且肥料的利用效率低下的土压堆肥这种传统方式．但如果我们能找到一种既符合科学原理又操作简单易行的高效处理方式，这些问题都可以解决．我们经过对比分析和研究后认为：尽管中国目前已经有许多有机肥处理的新的方法，但从目前没有一种方法能够在这一地区普及推广的现实来看，都还在实际应用中存在一定的问题．由于日本有关有机肥处理技术目前在世界上处于领先水平，而且有很多这方面开发利用的经验．我们利用这些优势，有必要进行有关技术的引进．依此来做为在陕北黄土高原建立有机循环体系的突破口，实现以有机物良性循环为主的循环经济发展模式．

4. 有机物大循环的基础资源——粪尿有机肥资源的利用状况

4.1.中国有机肥资源利用的历史和现状

4.1.1.中国有机肥资源利用的历史

有机肥是人工条件下，在农业生产中进行有机物大循环的一个基本物质，它是有机循环中能够提供农作物营养的唯一来源．因此，它的数量多少和利用率的高低，直接影响有机物循环的成功与否．

中国是一个具有几千年农耕历史的文明古国，自古就有积造有机肥、施用农家肥、实行秸秆还田等优良传统．在长期的生产实践中，中国各地很早就认识到“六畜兴旺，五谷丰登”，“庄稼一枝花，全靠粪当家”，“苗靠粪长，地靠粪养”的道理．不少文献记载和保留下来很多有机肥的制作方法.如早在春秋战国时代《礼记》、《孟子》等著作中就提到施用粪肥，以粪肥田．南宋农学家陈甫在《农书》中提出了“地力常新壮”的观点，主张用地与养地相结合，采取施用有机肥料的办法来保持和提高地力．可见中国在有机肥利用方面的历史是相当悠久的．

4.1.2.中国有机肥利用现状

尽管中国有机肥利用历史悠久,资源也十分丰富，而且种类繁多，不仅有粪尿类、堆沤肥类、秸秆类、绿肥类、土杂肥类，而且有饼肥类、海肥类、农用城镇废弃物类和沼气肥类等各种有机肥．但是，目前从利用数量上来看，还是以人畜禽粪便为主的有机肥占主导地位．据2002年统计推算，中国畜禽粪便资源量约20.4亿吨，堆沤肥资源约20.2亿吨，秸秆类资源约7亿吨，饼肥资源2000多万吨，绿肥约1亿多吨，这些有机肥料资源不仅含有大量的氮磷钾及中微量元素，总养分（折纯量）约7000万吨，是2003年全国化肥施用总量4412万吨（纯养分）的1.56倍(张福锁　2003年).

20世纪80年代以前,有机肥在我国农业生产中尚起着重要作用．但进入20世纪90年代以后，由于农业比较效益低，广大农民普遍缺乏培肥地力的积极性，而国家和地方各级政府又没有引起足够重视，既没有出台鼓励农民加强地力培肥的政策措施，更没有建立适应社会主义市场经济体制的耕地地力培肥长效机制．加上有机肥料制作方法简陋，有效养分低、体积大，施用有机肥劳动强度大、经济效益低．尤其农业责任制普及后，复种指数提高、农机化水平不高的条件下，客观上出现了粮肥争地、秸秆还田争农时的矛盾，在缺乏强有力的政策支持的背景下，全国有机肥料建设出现了连续10年滑坡的被动局面．

另一方面，中国的有机肥资源潜力尽管很大，但是目前有机肥资源总的利用率仅为40%左右．如人粪尿为例：仅按4亿城镇人口，人均日产0.5公斤计算，全年约达7300万吨，目前利用率平均不到三分之一左右；而9亿左右的农村人口的粪尿资源由于利用手段落后，其真正的利用效率也只有50%左右．在养殖业中,中国现有大中型奶牛、猪、鸡养殖场约6000多家，平均每天排出的粪尿及冲洗污水约80多万吨，目前，全国只有20%的粪便污水受到不同程度的厌氧或耗氧处理，其中采用沼气厌氧工程的仅为10％左右，多为养牛场和养猪场，80％左右的养殖场则直接将粪水排人各类水体环境．

综上所述,有机肥料作为传统的农业生产资料，在促进中国农业生产发展中发挥了极其重要的作用．但近20年来，随着化肥工业的快速发展，化肥使用量不断增长，有机肥料越来越不被重视，有机肥科研、开发、使用技术滞后，资源利用率低，不仅浪费严重，而且污染环境．因此，必须从落实科学发展观，发展循环经济，建设节约型社会的高度，重新认识有机肥料的重要性，切实加强有机肥料资源的开发和利用．

4.2.陕北黄土高原有机肥资源利用的历史和现状

4.2.1.陕北黄土高原有机肥资源利用的历史

陕北黄土高原地区做为中国历史上开发较早的地区之一，在其农耕技术和文化中很早就有使用有机肥的历史．但是由于这一地区相对与于它周围的南部地区(如陕西省关中地区)和东部地区(如山西省和河南西部地区)，其土地开发利用的时期则稍晚一些，有机肥使用也就没有其它地区那样普及．在它的南部地区，因为相对于农业较为发达的关中地区来说，人均占有耕地面积较多，以前人们大多采用休闲和弃耕的方法来恢复地力或种植一些绿肥作物来养地．至于使用人畜粪尿做为肥料,由于粪尿处理的数量有限，一般不能满足农业生产的需要,每年只有大约不到三分之一的土地能够使用有机肥．其北部地区在历史上则是汉民族和少数

民族相互争夺的地方，属于农业生产和畜牧业生产的交错地区．对于农业生产来说,这里相对于同时期农耕文化比较发达的地区，由于土地广阔，加上大量草原被开垦，人口相对比较少，人均占有土地较多．人们一般习惯于一边开垦、一边弃耕的广众薄收粗放式经营习惯，一般很少使用有机肥．这种方式虽然能够使一部分土地得到轮休，但是因为其自然的恢复地力的能力非常有限，加上该地区干旱气候环境的影响，往往造成土地不仅无法正常恢复其肥力，而且进一步退化．这也是造成这些地区土地沙漠化的一个很重要的原因．只是近年来，在自然条件较好的河川滩地地区出于发展高效有机农业的需要,有的地方才开始大量利用粪尿有机肥，但利用率很低．总之，这一地区开始利用粪尿有机肥的历史相对较短．南部地区和北部地区的差异明显．

4.2.2. 陕北黄土高原有机肥资源的利用现状

陕北黄土高原地区有机肥的利用目前仍然主要以传统的土压粪尿堆肥为主．近年来，在国家和当地政府的积极推动下,有些地方绿肥面积虽有所增长,但是由于退耕还林(草)政策的实施，使耕地面积减少，绿肥的利用受到了很大的限制．加上目前当地政府在广大农村地区大力推广沼气,使肥效较高的沼气肥料也有一定的发展．有机肥利用开始有朝着多元化，高效化方向发展的趋势．然而现阶段，陕北黄土高原地区有机肥料资源利用的总体状况仍然比较落后，存在问题也很突出．主要表现在以下两个方面：一方面是资源的整体利用效率十分低下,资源浪费现象非常严重．另一方面,在资源利用中对环境造成的污染情况也越来越严重．它已经给当地农村和城镇的生活环境造成了很大的危害，成了一个严重的社会问题．

造成资源利用效率低下的原因主要是有机肥料积制手段落后．由于方法不科学、手段不先进，“三低三大”现象突出，即形成的有机肥料养分低、体积大，无害化程度低、污染大，积造有机肥劳动效益低、强度大．这种传统的有机肥积制方法越来越不适应形势发展的要求，也造成这一地区农民特别是广大青年农民施用有机肥料积极性普遍不高的结果．至于环境污染的原因，在城镇地区造成环境污染的主要原因是人粪尿和畜禽粪尿很少进行无害化处理就通过管道直接排放．造成空气污染和水污染.在农村地区,有机肥利用率低下，间接造成化学肥料的大量使用，严重污染了河道和地下水资源，同时也加剧了水土流失．

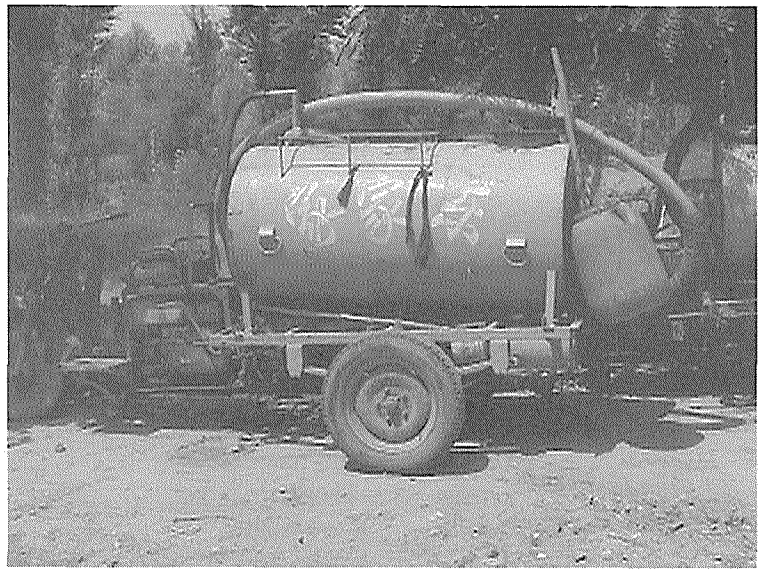
4.2.3. 榆林市粪尿有机肥利用现状

以榆林市榆阳区的人畜禽粪尿利用状况为例，在20世纪70年代以前的农村地区，以农耕为主的乡村，由于当时生产力水平较低，人们使用化肥的数量相对较少，种植业生产主要靠有机肥的使用．城市地区的生活排泄物(如人粪尿)是当时粪尿有机肥的一个主要来源.在那时的榆林城区，每天清晨，人们经常会看到掏粪的马车在公共厕所前面争相排队的场景.既是在以养殖业为主的乡村，那时虽然主要以放养方式为主进行养殖，大部分家畜禽粪便流失在野外．但有机肥还是能够满足实际需要．进入20世纪80年代以后，在农耕区，由于土地减少和人口增长等因素的缘故，化学肥料的大量使用对解决粮食生产起到了很大作用．加上有机肥本身制作麻烦，肥效低,有机肥的利用就越来越少.现在很少能看到当地农民来城里掏粪的景象．特别是近年来，随着国家能源重化工基地和陕西省畜牧业基地建设步伐的加快．造成城镇人口急剧增长的同时，养殖业也向规模化、集约化、专业化方向发展，出现了一批大规模

的养殖企业．根据榆林市2002年的统计资料，榆林市城区现有人口已经达到15万多人，若按每人每天排泄0.5公斤计算,每年大约有2.75万吨左右的粪尿资源可以利用．

对于养殖业来说，以养猪为例，目前榆林市共有养殖企业和养殖村143个．如果按平均每个养殖场100头的养殖规模计算,每天的粪尿排泄量按0.5吨计算，每年大约有26万吨的粪尿资源可以利用，合计将近28.75万吨．因此，人畜禽粪尿无害化处理成了一个非常紧迫的突出问题．如果不及时解决的话，就会造成人畜禽粪尿资源的极大浪费和引发严重的环境污染问题..

根据我们的调查，目前榆林城区的厕所共有1261个，其中公厕61个，院厕1200个．这些厕所绝大部分是茅坑式厕所．主要分布在老城区和东沙，西沙和南郊地区.这些厕所的清理主要靠榆林市环境卫生处下属的两个清洁大队和两个小型民间清漕公司(如"家家乐"公司)进行管理和经营．由于这些单位工作人员少、经营规模小、设施简陋、粪尿回收后仅简单的贮存处理，就直接使用．不仅使用效率低，而且没有作相应的无害化处理．直接造成生产过程的污染和对人体的危害．与此同时，在市区繁华区的酒店，商厦等各种服务性营业场所和学校等人员密集区，大约有和茅坑厕所数量相当的抽水马桶厕所．其粪尿物主要随下水道排放城市污水管道，由于榆林城区目前还没有一个公用污水处理厂，因此，这些污水很大一部分就直接排入到了榆溪河中．造成资源的极大浪费不说，也使河道本身及下游地区的水污染状况日趋加剧．这样，仅榆林城区实际大约有50%左右的人粪尿资源就白白的浪费掉了，更谈不上进行无害化处理．对于养殖业来说，其粪尿资源利用中存在的问题同样严重.这里举例说明，根据我们对榆阳区马合镇某养猪专业村的实际调查，该村共有养殖户34个，平均每户养猪头数30头如果以每头猪每天产生5.0公斤的粪尿计算，平均每户每天的粪尿量就有150公斤左右．但是，我们发现全村没有一户建有专门的粪尿收集和处理设施，粪尿处理技术很落后，主要



照片4 榆林首一家民间粪尿回收服务公司设计的粪尿回收车

靠人工清理进行自然风干利用或用土垫压堆肥．根本谈不上无害化处理．这里绝大多数家户的猪舍内外的环境卫生状况很差，臭气熏天．这是很容易造成病害流行的．这种现状使人很难与这个远近闻名的养殖专业村划上等号．

综上所述，以榆林市为代表的陕北黄土高原地区的有机肥利用的现实状况所暴露出的问题是非常严重的．如何提高以人畜禽粪尿为主体的资源利用效率，最大限度降低其对环境的污染，是当前急需解决的主要问题．因此，探索人畜禽粪尿资源高效利用技术和途径势在必行．

5.BMW 技术的引进和实践

5.1. BMW 技术及其应用

BMW 技术是从 20 世纪 90 年代开始在日本逐步普及推广的一项现代生物技术．BMW 技术中的 BM 和 W 在这里分别有着特定的含义． B 是 bacteria 的简略表示，这里不仅仅是指单个细菌或种类，而且是指土壤中的有益微生物群体及其生存的小环境．包括土壤中的各种细菌、原生和小形动物，有土壤团粒及其水分等．它是一个不断变化的动态的微生物群体．M 是 mineral 的简略表示，也不是指一般的岩矿石，它是指那些不仅含有微生物体需要的无机营养物质的，而且能够为微生物提供一定生存空间(岩石内有一定的空隙)的一类岩石，如：花岗岩，火山岩等，是有益微生物的载体． W 是 water 的简略表示，这里的水主要是指植物，动物和微生物个体中能够参与生命体物质循环的那一部分水分．如：生物体细胞中的水分，动植物体内的水分等，也就是直接能够被生物体利用的水分．

5.1.1.BMW 技术的原理

BMW 技术和一般的现代生物技术不同之处在于它是建立在自然生态系统中有机物质循环(自然净化)理论基础之上，利用现代微生物发酵工程原理，以人类社会生产活动和生活活动所产生的各种有机废弃物为原料，通过培养好气性特殊微生物群体对人、畜、禽粪尿等有机废弃物进行发酵处理，生产出各种高效无毒的生物活性水的技术．这个技术的核心是 BM 菌体(好气性特殊微生物群体)的培养及循环体系的建立(长崎浩 1993)．

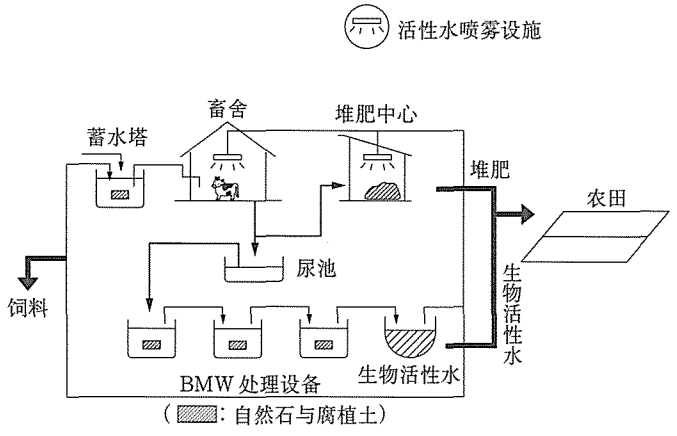


图1 BMW粪尿处理系统示意图

5.1.2.BMW 技术的特点和优势

由于该技术所生产的产品——生物活性水是一种用途广泛的物质．它不仅含有大量由有机物转化来的无机态营养元素，这些元素能够被植物等生物体吸收利用．而且在它里面还含有大量的有益微生物及代谢产物，这些物质可以增强土壤中好气性微生物的活性，抑制生物病原微生物的繁衍，提高植物体等生物体生理机能． 同时，该技术的应用不受场地和资金的限制，它可以根据不同的条件进行不同的设计处理，投资也可大可小，且成本低，操作简便．除了以上特点外，该技术最大的优势在于它可以很好的解决农业生产中的环境污染问题，解决城市和农村中生活污水的处理和再利用问题，真正实现无公害和有机化植物产品的生产．对生态环境保护具有重要作用．

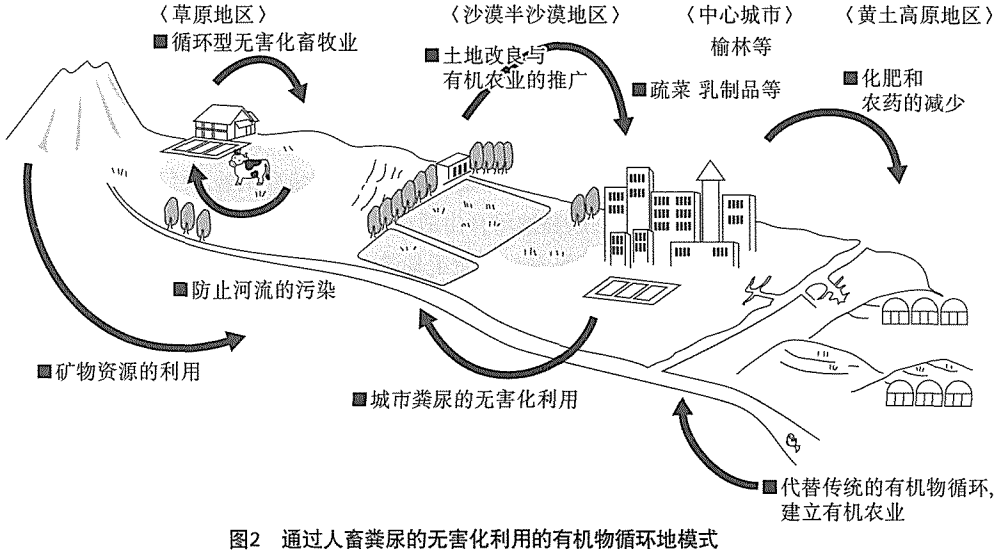


图2　通过人畜粪尿的无害化利用的有机物循环地模式

5.1.3 BMW 技术在日本的推广应用

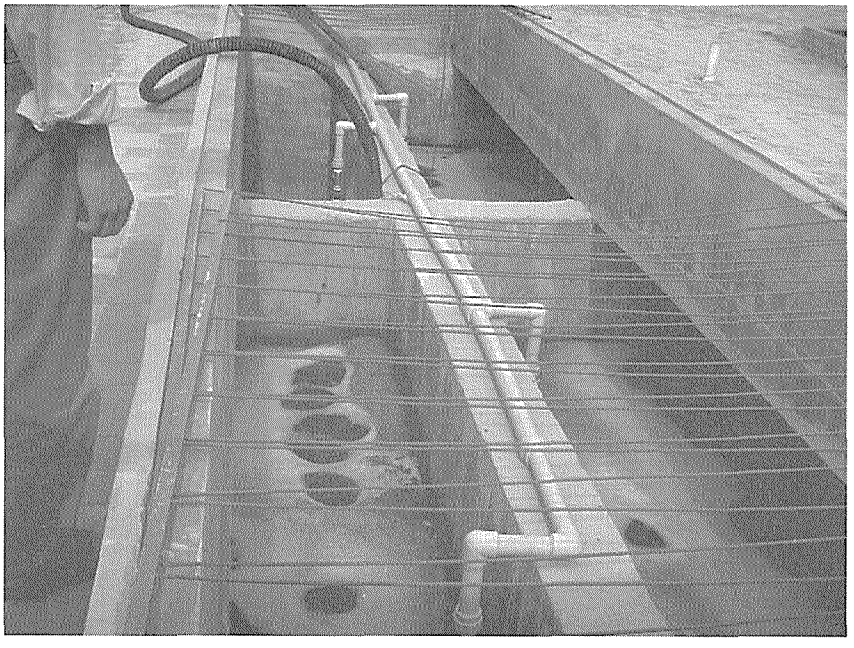
BMW 技术上个世纪 90 年代出现后，已经在日本多个大学和研究机构陆续开展了这方面的研究，并且建立了相应的研发机构来做为该技术的创新基地．自推广以来，在日本国内日益受到广泛的重视，特别是在农村地区的家庭农场的农产品的有机无公害化生产上已经得到广泛应用．在其仅仅发展不到 10 年时间内，截止 2004 年，在日本各地就已经建立起 220 多个 BMW 技术示范处理设施，主要应用于家畜粪尿处理、生活污水处理、饮用水改良、中水利用等各个方面．其效果非常好，得到了政府和民间各界的广泛支持．目前，全国各地已经有许多专门从事这项技术推广的公司，开展从设备生产到技术培训等各个方面的服务．与此同时，为了做好 BMW 技术宣传和推广的协调工作，建立了全国范围内的由 BMW 技术全国交流会实行委员会统一领导，由全国 BMW 技术协会和各地 BMW 技术协会具体进行指导的技术服务网络体系．为该项技术推广的顺利实施奠定了基础．该组织每年定期举行一次全国性的技术交流会．总结当年的推广经验和下一年的推广计划，使得这项技术能够顺利的在各

地普及应用(BMW 记录集 2005).

同时，在日本 BMW 技术协会的支持倡导下，该技术正在开始向亚洲其它国家和地区普及推广．目前，这项技术已经在韩国进行普及推广，而且效果显著．在菲律宾、越南和中国等国家也已开始引进、推广和应用．从目前的发展趋势看，这项技术具有很大的发展空间．

5.2.BMW 技术引进的试验

日本是世界上有机农业最发达的国家，也是世界上最早重视生产和生活废弃物再利用研究的国家之一．早在 20 世纪 70 年代，日本就已经颁布了有关废弃物再生利用的法律．其有关有机肥处理技术一直在世界上处于领先水平．在人畜禽粪尿无害化处理技术研究方面，也是走在世界前列．目前这方面已经有很多的研究成果应用到了生产实际中．采用好气性微生物发酵技术原理的 BMW 技术就是其中之一．由于其投入相对较小、成本低、操作简便、适用性强的特点比较符合陕北黄土高原地区目前的实际．我们在综合考虑气候，土壤等环境因素的情况下，通过深尾叶子、安富步、横山和成和竹田津实等日本专家的共同努力，决定引进北海道小清水式粪尿处理技术，由日本青木电器株式会社提供设备，榆林学院负责设施建设和日常管理．于 2003 年 8 月开始在榆林学院进行相关引进和培育试验．经过中日两国有关专家一年多的共同研究和试验观察，成功地培育出适合当地推广应用的比较稳定的微生物反应体系，为该项技术在中国黄土高原地区推广奠定了基础．2003 年底,在日本驻华使馆利民工程项目的资助和当地政府的支持下，我们在陕北黄土高原腹地——米脂县建立了第一个以小



照片 5 日本驻华大使馆援助项目"利民工程"的援助下在陕西米脂县建设的粪尿无害化应用设施

清水技术为核心的粪尿无害化处理场．成为粪尿无害化处理技术普及应用的样板．目前我们正在做向整个黄土高原地区推广的调查研究和前期准备工作．

6.建立陕北黄土高原有机物大循环的对策和途径

6.1 建立陕北黄土高原有机物大循环的基本思路

上已述及陕北黄土高原有机物大循环是发展循环经济的客观要求和必然选择，循环经济所倡导的以生态学理论和生态规律为基础的经济发展模式，对人类经济活动与生态环境的融合起到了很好指导作用．循环经济理论是经济发展与生态环保“双赢”的理论，它改变了经济增长只能靠消耗和枯竭生态环境资源和资源、能源不间断地变成废物来换经济发展的传统模式，提出了一个资源和生态环境融合发展的新经济模式．在陕北黄土高原地区大农业生产领域中引入循环经济的理念，必将促进农业生产与生态环保的融合，优化农业生态环境，真正达到生态环境的恢复和重建，实现农业的可持续发展．

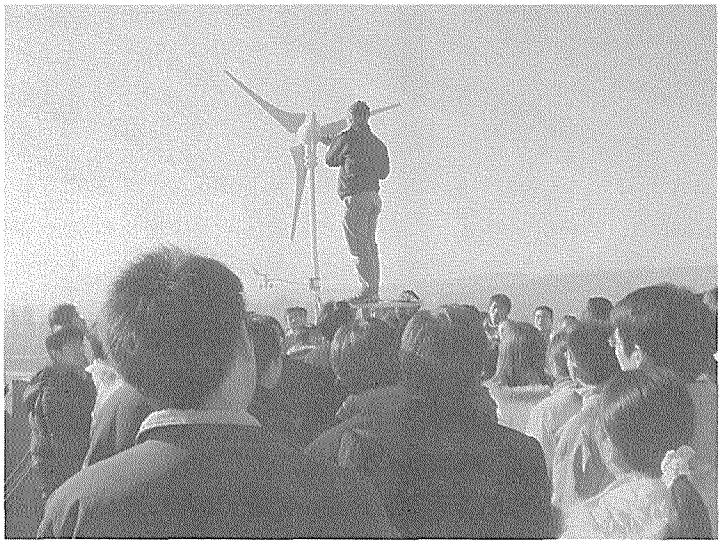
(1) 高度重视人与自然和谐发展的关系. 陕北黄土高原地区处于我国北方半干旱地区.历史上本来具有很优越的自然环境．但是，千百年来自然经济的无序增长和农业文明的发展不当，导致肆意砍伐森林，无休止的垦耕，过度放牧和滥挖滥采，严重破坏了人和自然的和谐．现今凡是方便人类居住的地方尤其是粮食主产区的农村，已经几乎看不到原始森林和清澈河水，随处都会见到裸露的黄土、垃圾和污水，一些地方对水资源的过度开采使地下水沉降到百米甚至数百米深的地下，人畜饮水发生困难，饮水安全成为问题，人和自然的关系已经恶化到极点．因此，必须首先面对长期以来掠夺式发展和粗放管理所造成的人与自然不和谐的严峻现实，积极调整发展战略，做到善待自然，逐步使人与自然之间处于和谐相处的关系之下．

(2)陕北黄土高原应在现有生态承载能力范围内，积极开辟自然资源的利用和保护途径，提高自然资源利用效率．所谓生态承载力,就是整个自然生态系统所能接受的能力和容许的范围．陕北黄土高原地区具有相对丰富的生物资源、土地资源、气候资源和矿产资源．但是,目前在陕北黄土高原大部分地区的自然资源开发利用过程中，很少考虑生态成本，盲目追求经济利益，如原本优势明显的土地资源和矿产资源一方面造成很大浪费，另一方面对生态环境造成严重危害．已经严重超出了生态承载力．反而如气候资源中的太阳能，风能等又没有得到很好的利用．因此,在有机物大循环中要充分考虑自然生态系统的承载能力，尽可能地节约自然资源，不断提高自然资源的利用效率，循环使用资源，创造良性的生态循环是当务之急．

(3) 建立以农业清洁生产为主的农业发展的新模式．农业清洁生产是指既可满足农业生产需要，又可合理利用资源并保护环境的实用农业技术．其实质是在农业生产全过程中，通过生产和使用对环境友好的“绿色”农用品，改善农业技术．防止农业污染的产生，减少农业生产及其产品和服务过程对环境和人类的风险．反思工业发达国家经济发展过程，不改变线性经济增长模式，单靠“末端治理”的补救措施，不能从根本上解决环境问题，因而必须采用一体化预防性环境策略，全面提高效率以减少污染物对人类与环境的危害(陈良 2004)．陕北黄土高原做为陕西省畜牧业生产基地，在养殖企业中大力推行清洁生产，这与循环经济理念的核心“3R”原则不谋而合．在农业生产经济活动中，通过化肥等资源的减量化投入，力争做到

有效途径．同时，在米脂县杨家构，把通过把使用有机肥的苹果等农产品加工成为果酱等，建立具有陕北黄土文化典型特征的"米脂婆姨"品牌，做为建立陕北绿色产品生产和加工基地的示范样板．

(5)我们针对陕北黄土高原具有丰富光热资源和风力资源目前还没有得到很好地开发利用的状况，为了开发利用当地太阳能和风能的潜力，我们通过与日本有关专门从事太阳能和风能研究开发的公司合作，引进他们最新的设备和技术，结合粪尿处理技术，在陕北黄土高原地区推广应用．



照片 6　2005 年按装在榆林学院的日本最新小型风车发电设备

(6)我们通过建立陕北黄土高原国际民间绿色地球网络，吸引了 30 多个在当地具有广泛影响和一定经济实力的庙会自愿参加到陕北黄土高原生态文化恢复活动中来，还有当地不少关心生态文化恢复工作的专家、学者加入．在日本大约也有 50 多位学者和志愿者加入，为网络提供技术和资金帮助．这种以庙会为主体，以相关专家学者为技术支撑的网络结构，在弘扬陕北黄土文化方面发挥了重要作用，在提高人们参与生态文化恢复活动的主动性方面也起到了很好的作用．以庙会管辖的地域良好的绿化效果，对外起到了很好的宣传作用．中日两国有关专家以该网络的名义先后举办了两次在当地引起很大反响的研讨会．为当地生态环境恢复与重建提供了许多有益的意见和建议．

7. 结束语

陕北黄土高原地区生态环境的变迁有着复杂的的历史背景，现在的陕北黄土高原地区是整个黄土高原地区水土流失和沙漠化最为严重的地区．我们从它的历史发展过程来看，人的因素在这个过程当中起了主要作用．虽然中国政府从 20 世纪 90 年代开始在这一地区实行退耕还林(草)政策，在很大程度上使生态环境恶化得到扼制，但是还没有从根本上得到扭转．目前的陕北黄土高原生态环境的脆弱程度，已经开始制约当地社会、经济的可持续发展．加之这一地区正好处于国家对其矿产资源的大开发时期，各种矛盾和问题随时都有可能爆发，一旦出现大的生态环境问题，后果是难以想像的．生态环境恢复和重建任重而道远．我们根据陕北黄土高原所特有的地域文化，把她与生态恢复和重建有机结合起来，通过展现陕北黄土文化的特殊魅力和生命力．唤起当地人们对故土的热爱，激发人们从事生态恢复与重建的热情．初步的实践证明，这个尝试是成功的．另外，结合日本等发达国家环境保护方面的先进技术和理念，来建立陕北黄土高原有机物大循环，不失为一条简捷有效的途径.这对建立自然资源永续利用的循环型社会是非常重要的．

参考文献:

BM 技术协会　『第 14 回 BMW 技术全国交流会发表记录集』2005 年 2 月

Boulding Kenneth *Beyond Economics : Essays on Society, Religion, and Ethics* Univ. of Michigan Press.1968, 7..

定方正毅 刘丹译 『中国环境问题的解决方法』 北京科学技术出版社　2003 年 6 月

长崎浩　『「细菌」が地球を救う——B・M・W 技術の挑戦』东洋经济新报社 1996 年 11 月

长崎浩　『BMW 粪尿・废水处理システム』　农山鱼村文化协会　1993 年 9 月

陈良 江波　「我国农业可持续发展的必然选择」 『农村经济』　2004 年第 9 期

深尾叶子等　『黄土高原の村—音・空間・社会—』　古今书院　2000 年 6 月

深尾叶子 安富步　「黄土高原生态文化恢复活动的理念和实践」『東洋文化研究所紀要』 东京大学东洋文化研究所　2005 年 3 月

史念海　『黄土高原历史地理研究』　黄河水利出版社　2001 年 8 月

藤本悦子　「中国黄土高原农村地带的水质污染」『大妻女子大学家政系研究纪要』 2004 年 3 月

榆林市统计局『榆林市国民经济统计资料(2002 年)』　2003 年 5 月

张福锁编　『养分资源综合管理』　中国农业大学出版社　2003 年 3 月

朱士光　『黄土高原环境变迁及其治理』　黄河水利出版社 1999 年 4 月

(2005．10．14 受理)