

바이오매스 자원 DB 구축과 분포도 작성

김이현* · 남재작 · 홍석영 · 최은영 · 홍승길 · 소규호

농촌진흥청 국립농업과학원

Establishment of Database and Distribution Maps for Biomass Resources

Yi-Hyun Kim,* Jae-Jak Nam, S. Young Hong, Eun-Young Choe, Seung-Gil Hong, and Kyu-Ho So

National Academy of Agricultural Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

This study was carried out to understand the national and regional distribution of the biomass resources produced in Korea annually via establishing database (DB) and distribution maps of biomass resources data including as livestock manures, food wastes and agricultural by-product. The information of the annual production of each biomass resources was obtained from Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MIFAFF), Ministry of Environment (MOE) and National Statistical Office (NSO). Based on biomass resources data, we established database architecture table about livestock manures and food wastes. The distribution maps for the total amount of manures produced from each livestock animal were built up in both national and regional scales and used for analysis of the space-based and time-based distribution of the manure resources. Distribution maps for food wastes and agricultural by-product were also produced, respectively. It was shown that the analysis through resource mapping can be used to identify the sources of collectable biomass feasibly determining suitable region for establishment of a biomass-energy production. The biomass distribution maps graphically provide the information regarding biomass resources to policy-makers, farmers, general users and it was expected to be utilized for policy-making of environmental-friendly agriculture and bio-energy.

Key words : Database, Distribution maps, Biomass, Livestock manure, Food wastes, Agricultural by-product.

서 언

우리나라는 에너지의 대부분을 수입에 의존하고 있어 국제정세의 불안, 환율변동에 따라 국가경제에 큰 영향을 받고 있는데 에너지 의존도를 최대한 감소시킬 수 있는 장기적인 에너지 수급정책의 수립이 필요하다. 이러한 현실에서 바이오매스는 화석연료의 사용량과 환경오염을 저감할 수 있는 대체에너지원으로 주목받고 있다.

바이오매스는 태양에너지를 이용하는 식물과 미생물의 광합성에 의해 생성되는 식물체, 균체와 이를 먹고 살아가는 동물체를 포함하는 생물 유기체 전체를 지칭하는 말인데 (Demirbas, 2007) 축산분뇨를 비롯하여 농업부산물인 볏짚, 왕겨등과 음식물 쓰레기 등 생활 폐기물까지 그 유형이 다양하다. 바이오매스는 자연환경에서 재생이 가능하여 수력, 원자력 등 어느 에너지보다도 환경친화적이나, 바이오매스를 인위적으로 생

산하기 위해서는 넓은 면적과 기상조건 등 자연조건의 제약을 받는다. 따라서 우리나라는 바이오매스 생산여건이 불리한 조건이다. 그러나 우리나라는 가축분뇨, 음식물쓰레기, 농산부산물 등 각종 유기성폐기물의 발생이 연간 8천만 톤에 이르고 있어 이들 폐기물을 에너지원으로 고려할 때, 국내 바이오매스 자원화 가능량은 연간 1,128만 톤이며, 부존 자원량은 2,316만 톤/년에 이른다고 알려져 있다 (So, 2006).

선진국들은 1980년대 이후부터 화석연료의 대체에너지 개발을 전략사업으로 추진하여 임목, 축산분뇨 등을 이용한 대체에너지 개발에 상당한 연구 및 개발을 진행해 오고 있다 (Lee et al., 2007; Kim, 2008). 또한 개발된 결과는 시스템으로 구축되어 관측 데이터 뿐만 아니라 시장성, 정책 추진 프로그램 등의 다양한 정보를 Web을 통해 소개되고 있으며 (Yoon et al., 2006), 제공되고 있는 정보는 정책 입안과정 등에서 활용되고 있다. 예를 들면, 미국은 Renewable Resource Data Center (RReDC)를 통한 에너지자원 정보를 체계적으로 제공하고 있고, 일본은 지역단위 가축 발생원별 바이오매스량을 Database (DB)로 구

접수 : 2009. 5. 16 수리 : 2009. 6. 1
*연락처 : Phone: +82312900345,
E-mail: yhkim75@korea.kr

축하고 지도로 작성하여 활용하고 있다 (Haga, 1991). 유럽에서는 Joint Opportunities for Unconventional or Long Term Energies (JOULE)를 중심으로 대체에너지 관련 자료를 체계적으로 분석 및 관리하고 있는데 특히 네덜란드, 덴마크 등 서유럽에서는 가축 사육두수, 분뇨량에 따른 지역단위 분포지도를 작성하여 정책 자료로 활용하고 있다 (Dagnall et al., 2000; Keri et al., 2008). 캐나다에서는 수학적 예측 모델에 기초한 격자 단위 자원지도를 제공하고 실측데이터, 통계적 데이터 제공은 물론 에너지생산조건에 따른 분석도구를 제공해주고 있다.

이에 비해 국내에서는 재생에너지인 바이오매스자원을 효율적으로 이용하기 위한 바이오매스 자원별 DB 구축 등의 제반환경이 미흡하며, 바이오매스 활용 시스템 구축을 통해 자료 현황을 쉽게 파악하고 의사결정을 지원하기에는 더욱 힘든 상황이다. 이를 해결하기 위해서는 지역별·발생원별 자료에 대한 공간 DB 구축과 자료항목별 인벤토리 구축이 우선 필요하며, 이를 통해 정책입안자, 농민, 일반인에게 쉽게 전달하고 친환경 농업정책 추진과 바이오 에너지 이용 등 정책 자료로 활용할 수 있는 주제별 분포도 작성이 필요하다. 본 연구는 바이오매스자원의 공간 DB를 구축하고, 시간적·공간적인 분포와 추세를 시각화하여 실태 및 동태적 변화를 알아보기 쉽게 주제별 분포지도를 작성하고자 하였다.

자료 및 방법

바이오매스자원 자료수집 바이오매스 자원별 자료 구축형태는 Table 1과 같다. 바이오매스 자원 DB 구축을 위해 Table 1과 같이 축산분뇨, 음식물 쓰레기, 농업부산물 등을 수집대상으로 하였다. 가축분뇨 발생량 분포도를 작성하기 위해 전국 및 지역단위 가축통계자료를 수집하였는데, 이 통계자료는 축종 및 사육두수 등이 포함된 읍면동 단위의 농림수산식품부 자료와 시군구단위의 축종, 사육두수가 있는 환경부 자료를 이용하였다. 연도별 가축분뇨발생량 변이를 알아보기 위해 축종, 사육두수, 번지단위정보, 분뇨처리방법 등이 있는 지역단위 가축통계자료를 경기도

Table 1. Classification of some biomass resource.

Type of biomass resources	Classification
Livestock wastes	Pig, Korean native cattle, Beef cattle, Milk cow, Lay chicken, Broiler chicken
Food wastes	Home, Business
Agricultural by-products	Rice straw, Barley straw, Rice hulls, Bean stalk, apple twigs

시·군 축산통계담당자들로부터 수집하였다. 환경부로부터 수집한 음식물 폐기물자료에는 주소, 폐수발생량, 폐수처리량, 폐수시설용량 등이 포함된 사업장별 음식물 폐기물자료와 음식물 쓰레기 매립, 소각, 재활용 등의 자료가 포함된 생활용 음식물쓰레기 자료를 이용하였다 (MOE, 2008a). 벚짚, 왕겨, 사과 잔가지 등 농업 부산물의 발생량은 시·군 및 도 단위의 통계청 자료를 이용하였다 (NSO, 2007).

배출 발생량 산정 가축 축종별 분뇨배출 발생량은 농촌진흥청 국립축산과학원에서 분뇨배출량 기준을 산정하고 (2008년도), 환경부에서 공시한 가축별 배출원단위를 적용하였다 (MOE, 2008b). 분뇨배출량은 돼지, 한우, 젓소 등 사육두수에 축종별 factor값을 곱하여 원단위 배출량 (돼지가 5.1 kg/일, 한우·육우가 13.7 kg/일, 젓소가 37.7 kg/일)을 이용하여 구하였다 (Table 2).

Table 2. Manure production unit's for livestock species(MOE, 2008b).

Livestock animals(unit)	Manure production unit's factor
Pig(L/number · day)	5.1
Korean native Cattle(L/number · day)	13.7
Beef Cattle(L/number · day)	13.7
Milk Cow(L/number · day)	37.7
Lay Chicken(L/1,000number · day)	124.7
Broiler Chicken(L/1,000number · day)	85.5

바이오매스자원 데이터베이스화 바이오매스자원 자료를 데이터베이스화하여 분포지도로 만들기 위해 자원별 속성 (Attributes) 에 따라 정리 작업을 수행하였고, 수치지도 (Shape 파일)와 자원별 속성자료 (Text 파일)를 연결 (Join)하는데 기본값 (Key value)으로 법정동 코드를 사용하였다. 기본값은 두 특성의 공통분모를 의미한다.

GIS 이용 분포도 작성 바이오매스자원 발생원별 분포도를 작성하고 자료를 분석하기 위해 Geographical Information System (GIS)을 이용하였다. GIS 소프트웨어 프로그램은 Arc GIS 9.1 (ESRI, USA)을 사용하였다. 주제별 분포도를 작성하는 과정에서는 수치지도인 행정구역도를 이용하였다.

결과 및 고찰

축산분뇨 발생량 분포도 농업부문 바이오매스 자원 중 가장 많은 양을 차지하고 있는 축산분뇨는 혐기성 소화과정인 메탄발효를 통해 에너지원으로 이용

할 수 있다. 하지만 우리나라의 경우 소규모 축산 농가가 많아 가축분뇨의 수집에 많은 노력과 비용이 소모되어 축산분뇨를 에너지원으로 이용하는데 어려움이 있어왔다.

축종별 분뇨발생량 지도는 농림수산식품부, 환경부 가축통계자료를 이용하여 작성하였다. 농림수산식품부의 가축통계자료는 읍면동 단위 (2005년도), 환경부는 시군 단위 (2004년도)에서 가축통계정보가 수록되어있다. Fig. 1은 시군단위에서 젓소 및 돼지분뇨발생량 분포도(a)와 읍면동 단위에서 돼지분뇨발생량 분포도(b)

를 보여주고 있다. 두 그림에서 보는 바와 같이 돼지, 젓소의 가축분뇨는 경기도 남부, 충남 북부 일원에서 분뇨배출량이 많이 발생하였는데 이는 이 지역에서 바이오에너지 생산시설을 설치할 경우 경제성이 상대적으로 우수할 것이라는 예측이 가능하다.

지역단위의 가축분뇨발생량 분포를 알아보기 위해 경기도 일원에 대해 2006년, 2007년 2년간의 시군별 가축통계자료와 지번정보를 연계하여 축종별 분뇨배출량 분포도를 작성하였다. Fig. 2는 화성시 지역의 돼지 분뇨배출량지도(a)와 양평군 지역에서 돼지, 젓

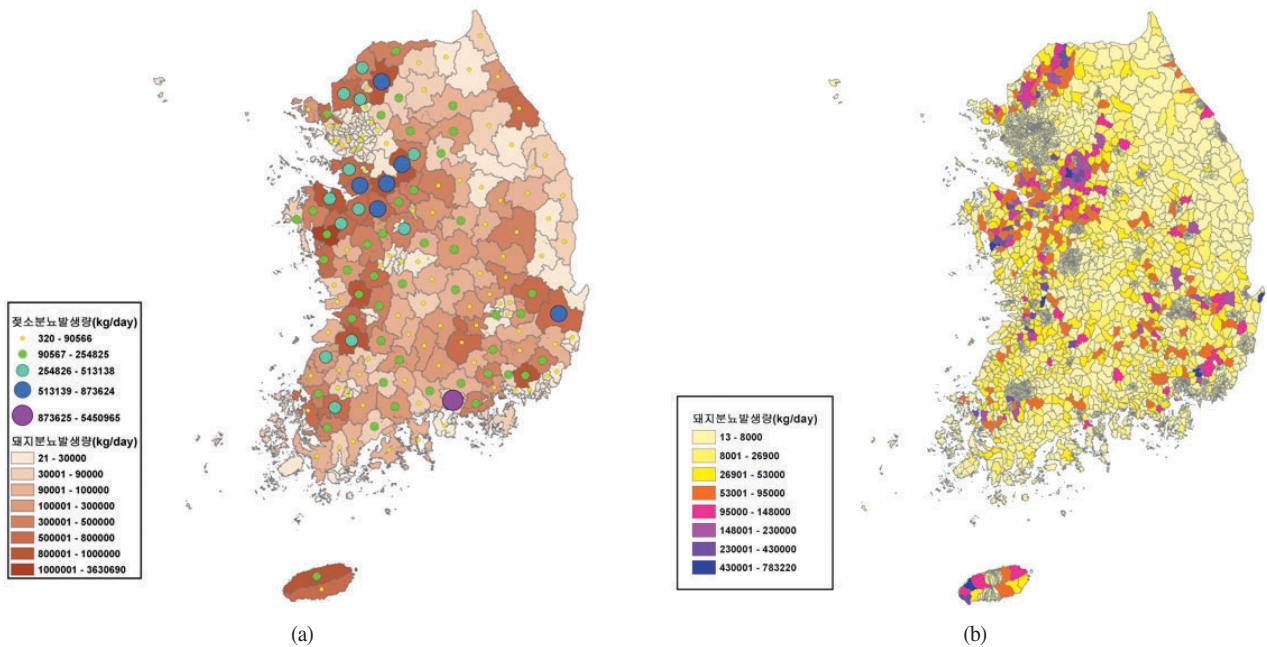


Fig. 1. Distribution of pig and milk cow manures produced in each city-county unit (a) in 2004 and distribution of pig manures from each eup-myeon-dong unit (b) in 2005. Unit of manures is kg/day.

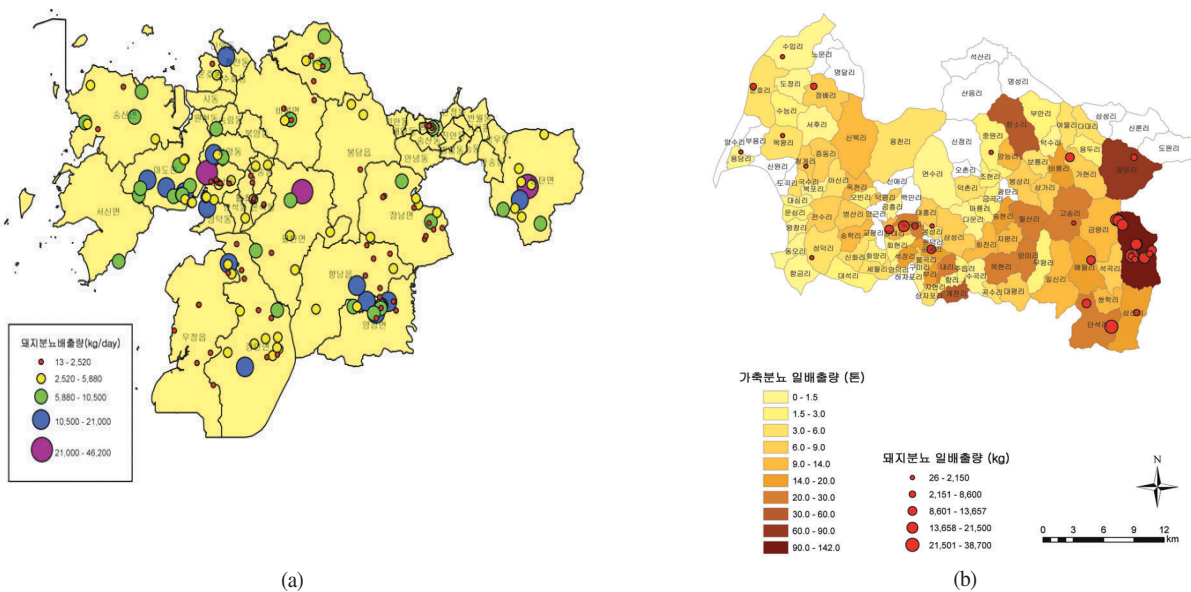


Fig. 2. Distribution of pig manures at each eup-myeon-dong unit in Hwaseong city (a) and total livestock manures at each ri unit in yangpyeong gun (b) in 2007.

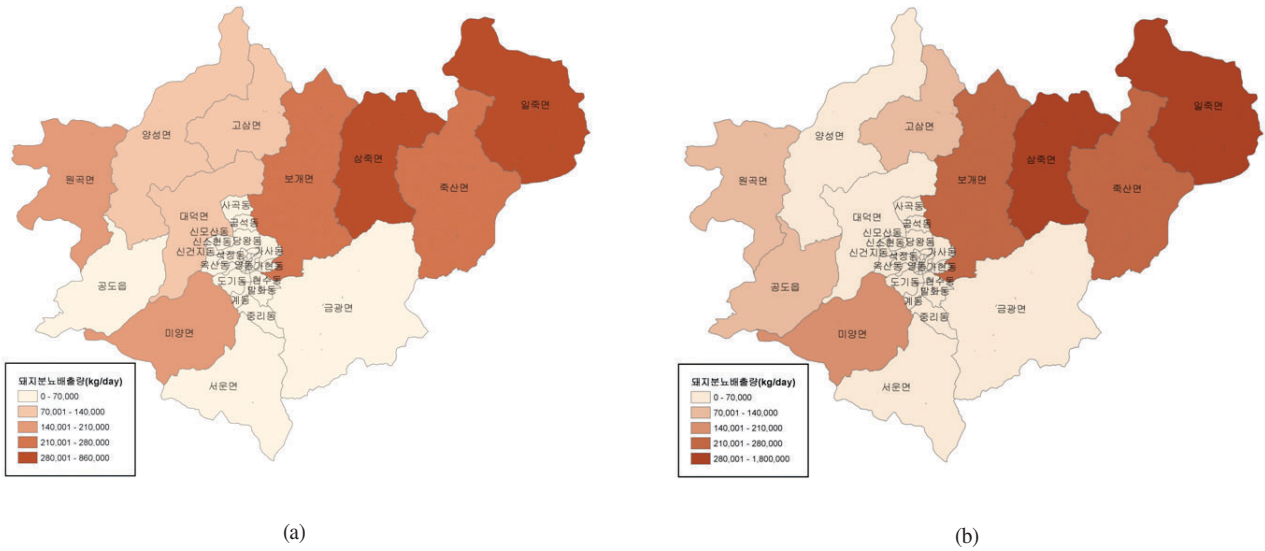


Fig. 3. Changes of the amount of pig manures distribution by year, 2006 (a) and 2007 (b), based on eup-myeon-dong unit. Unit of manures is kg/day.

소, 소, 닭의 분뇨 일 배출량과 돼지 분뇨배출량 분포도(b)이다. 양평군 동부지역에서 가축 분뇨 일 배출량과 돼지 분뇨배출량이 모두 높게 나타났고, 이러한 분포지도를 통해 시·군내에서도 지역별 분뇨배출량 차이를 쉽게 파악할 수 있어 향후 환경정책 등에 활용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 시기별로 구축된 DB를 활용하여 연도별 분뇨배출량 변이추이를 알아보았다. Fig. 3은 안성시 지역의 2006, 2007년 돼지 분뇨배출량 변이를 보여주고 있는데 돼지 분뇨배출량의 연도별 편차가 나타났고 특히 일죽면 일원에서 돼지 분뇨배출량이 높게 나타났다.

음식물 폐기물 분포도 음식물 폐기물은 메탄발효를 통해 에너지원으로 사용될 수 있는 유기물을 다량 함유하고 있어 축산분뇨와 함께 혐기소화의 원료로 사용될 수 있다. 음식 폐기물은 총 생활폐기물량의 28.7%에 달하며 그 비중이 가장 높으며, 1인당 발생량은 0.29 kg/일 이다. 본 연구에서는 가정 및 사업장의 음식물 폐기물을 중심으로 관련 통계자료를 수집하고 항목별 분포도를 작성하였다.

2007년도 환경부의 음식물 폐기물 시설지역 자료를 이용하여 공공시설과 민간시설로 나누어 폐수발생량 분포도를 작성하였다 (MOE, 2008a). 수도권 지역에

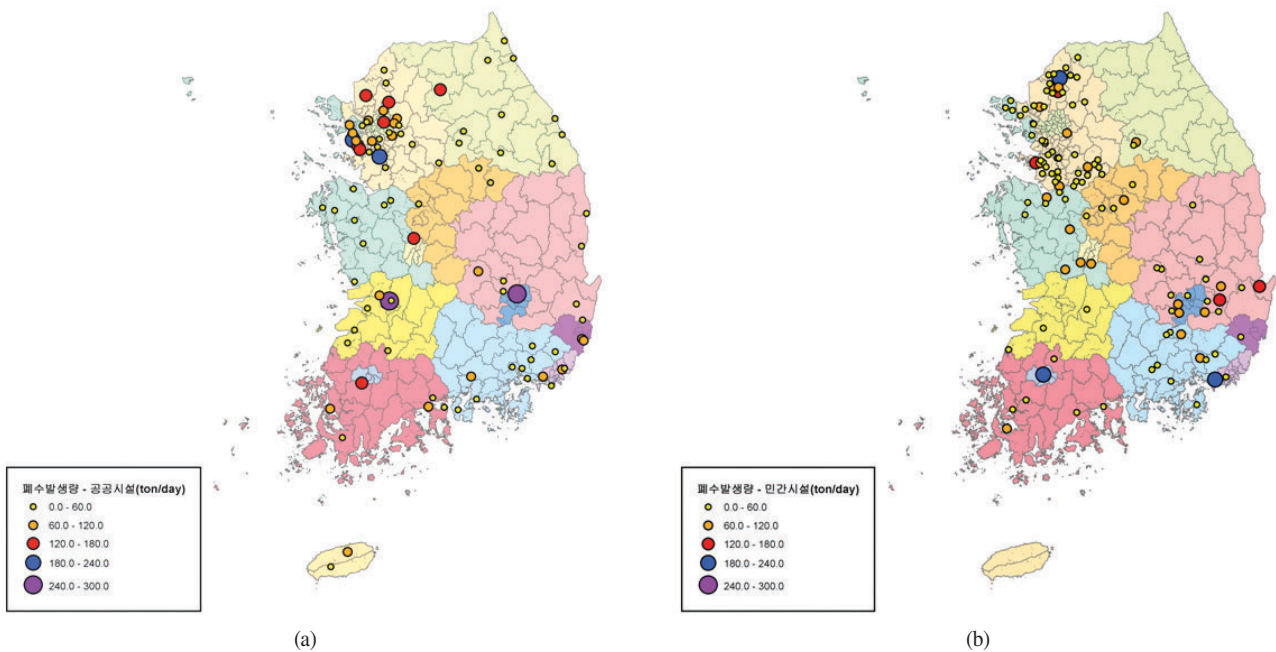


Fig. 4. Distribution waste water emissions from the public food waste processing facilities (a) and waste water emissions from the private food waste processing facilities (b) in 2007. Unit of waste water emissions is ton/day.

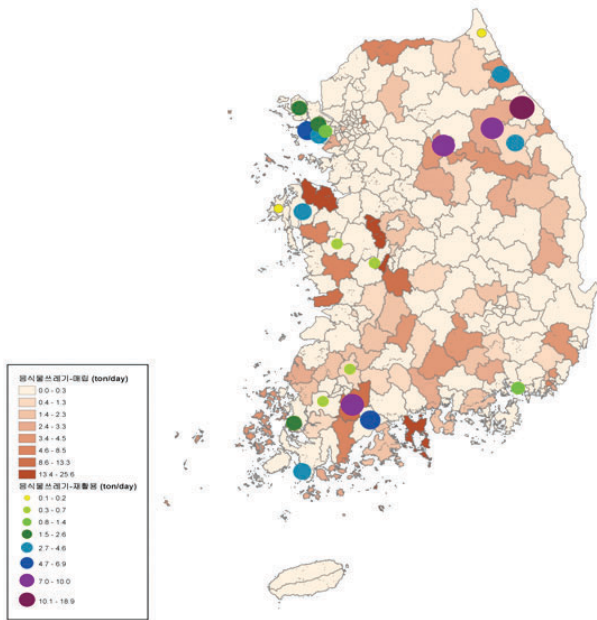


Fig. 5. Distribution food wastes reclamation from food wastes facilities (a) and food recycling from food wastes facilities (b) in 2007. Unit of food wastes reclamation and recycling is ton/day.

서는 공공시설 및 민간시설 모두 음식물 폐기물 폐수 발생량이 높게 나타났고, 민간시설 부분에서는 경상도 일원이 폐수발생량이 높았다 (Fig. 4). 음식물 쓰레기의 매립, 소각, 재활용등의 자료를 인용하여 시군 단위의 음식물 쓰레기 매립 및 재활용 분포도를 작성하였는데 (Fig. 5). 강원도, 전남 지역에서 상대적으로 재활용 비율이 높게 나타났다. 축산분뇨와 함께 음식물 폐기물의 분포를 함께 고려하여 메탄발효 바이오에너지 시설 위치를 설정하면 경제성을 크게 향상할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

농업 바이오매스 분포도 농업 바이오매스는 넓은 의미에서는 수도작, 전작, 과수, 특작 등 농작물의 생산 과정에서 발생하는 주산물과 부산물을 의미하는데 이들 농업 바이오매스는 원형 또는 가공의 형태로 식용, 사료, 퇴비, 에너지원으로 이용되고 있다. 미국에서 발생하는 바이오매스 종류로는 볏짚, 왕겨 등이 있고, 과수 바이오매스는 사과, 배, 포도 등의 과수원에서 발생하는 전정된 가지가 해당된다. 볏짚이나 왕겨 같은 벼 부산물은 수확과 동시에 파쇄 하여 농경지에 유기질 비료로 사용하거나 축산농가의 가축사료로 주로 이용된다. 그 중 볏짚은 미국 바이오매스 중 가장 많은 양을 차지하는데 10a 당 볏짚 생산량은 2007년 통계청자료 기준으로 약 6,000천 톤으로 추정되고 있다. 볏짚의 활용가치로서 볏짚에 함유되어 있는 비료성분을 화학비료로 환산하여 그 가치를 추정한 연구 결과 볏짚을 판매할 경우 3만원/10a, 볏짚을 논에 환

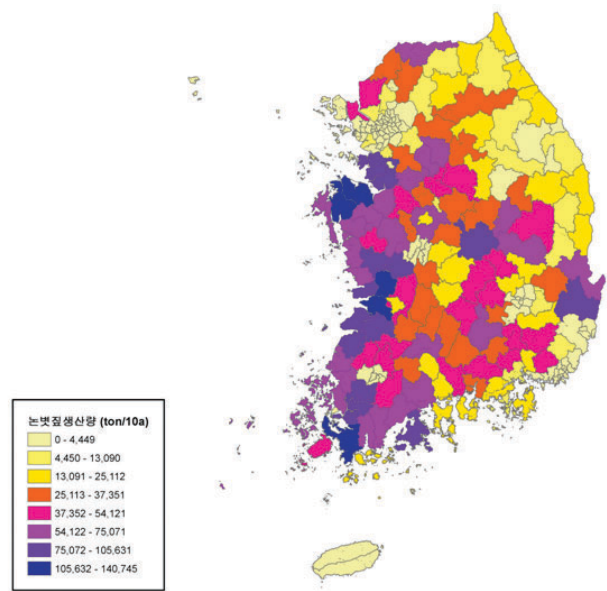


Fig. 6. Distribution of the rice straw amounts produced in each city-county unit in 2007. Unit of rice straw amounts is ton/10a.

원하여 화학비료로 대체할 경우 6만8천원/10a 으로 퇴비로 이용 하는 것이 경제적으로 유익하다고 볼 수 있다 (Kang et al., 2006). 따라서 볏짚의 바이오매스 자원으로써 활용가치 여부를 판단 할 수 있게 하기 위해 시·군 단위로 볏짚 생산량 분포도를 작성하였다 (Fig. 6). 충남 당진군, 전남 김제시 등 곡창지대에서 볏짚 생산량이 많이 발생하였고 논 벼짚 생산량이 많은 지역을 중심으로 볏짚을 바이오에너지로 활용하는 방안을 모색할 필요가 있다. 현재 바이오매스자원에 대한 정보를 추가 확보하여 분포도를 작성하고 있으며, GIS 기반 입지분석을 실시하여 최적처리방안을 모색한 연구가 진행 중에 있다.

향후 바이오매스 자원의 효율적인 관리와 활용을 위해서는 GIS 기술을 접목한 바이오매스자원 활용 시스템 개발이 필요하며, 이렇게 구축된 시스템을 통해 국가 전체의 바이오매스 자원 현황을 표현하고, 관련 정보를 생산, 관리, 공유할 수 있는 제반 환경이 조성되어야 할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구에서는 바이오매스자원별 실태 및 동태적 변화를 알아보기 쉽게 시간적 공간적인 분포와 추세를 시각화하여 주제별 분포지도로 작성하였다. 분뇨 배출량은 축종별 사육두수에 따른 원단위 배출량을 적용하여 계산하였다. 전국 가축분뇨배출량 지도를 작성하여 분석해본 결과 경기남부 지역과 충청남도 북부 지역에서 분뇨배출량이 많이 나타나는 것을 알 수 있었고, 시군구 단위의 조사에서도 비슷한 결과가

나타났다. 또한 음식물 폐기물 폐수발생량, 음식물 쓰레기 매립, 재활용 분포지도에서는 수도권지역이 공공시설 및 민간시설 모두 음식물 폐기물 폐수발생량이 높게 나타났고, 민간시설 부분에서는 경상도 일원이 폐수발생량이 높았다. 강원도, 전남 지역에서는 상대적으로 음식물 쓰레기 재활용 분포도가 높게 나타났다. 바이오매스자원으로 활용가치가 높은 농업부산물인 볏짚 생산량 분포도를 시·군 단위로 작성하였는데 볏짚 생산량이 많은 곡창 지역의 경우 바이오에너지로 활용하는 방안을 모색할 필요가 있다고 판단된다.

이들 결과를 통해 바이오매스 발생원별 분포지도는 정책입안자, 농민, 일반인에게 바이오매스 자원에 대한 정보를 가시적으로 전달할 수 있고, 친환경 농업정책 추진과 바이오 에너지 이용 정책 자료로 활용 가능할 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- Dagnall, S., J. Hill. and David Pegg. 2000. Resource mapping and analysis of farm livestock manures-assessing the opportunities for biomass-to-energy scheme. *Bioresource Technology*. 71:225-234.
- Demirbas, A. 2007. Progress and recent trends in biofuels. *Progress in Energy Combustion Science*. 33:1-18.
- Haga, K. 1991. Energy production from animal wastes. *Farming Japan*. 25(4):28-38.
- Kang, C. Y. 2006. Policy issues and strategies to boost biomass utilization in agricultural sector; problems and issues in Korea. Korea Rural Economic Institute.
- Keri, B. Cantrell., Thomas, Ducey., Kyoung, S. Ro. and Patrick, G. Hunt. 2008. Livestock waste to bioenergy generation opportunities. *Bioresource Technology*. 99:7914-7953.
- Kim, K. M. 2008. Bio-energy and biogas plant technology trend. *KIC News*. 11(3):11-22.
- Lee, J. I. and S. H. Jeon. 2007. The research for the biomass utilization status and the development as energy resources in rural area. Korea Rural Community Corporation.
- MOE. 2008a. 2007 The waste generation and processing status.
- MOE. 2008b. Manure production unit's for livestock species.
- NSO. 2007. Crop statistics.
- So, K. H. 2006. Consideration of agricultural bio-energy research and strategy environment. National Institute of Agricultural Science Technology.
- Yoon, C. Y., K. D. Kim. and J. H. Keong. 2006. The Establishment of the GIS based Resource Map System for New and Renewable Energy. Korea Institute of Energy Research.