

中国・崇明島の生態系モデル都市開発のための フットプリント研究

仲上 健一・賈 宝菊・沈 昕玮・銭 学鵬・小幡 範雄

A Study on the Ecological Footprint on Chongming Island, China towards the Ecological Urban Development Planning

Ken'ichi NAKAGAMI, Baoju JIA, Xinwei SHEN, Xuepeng QIAN, Norio OBATA

Abstract

The objective of this research note is to introduce the paper entitled "A Study on the Application of Ecological Carrying Capacity Based on the Ecological Footprint Model in Chongming Island" made by Mr. LIAO Shuiwen, supervised by Prof. Dr. HUAN Shenfa of DONGHUA University, China, and to examine the meaning and importance of Ecological Footprint study for the Chongming Island. The summary of this paper is as follows.

"As the largest alluvial island in the world, which formed around 1300 years ago, Chongming Island in China has unparalleled ecological values. As the forefront of Shanghai's further development, a master plan (2005-2020) was enacted for the whole island in 2005 by the Chinese central government and Shanghai municipal government, which will make Chongming Island become an eco-island with beautiful landscape, self-contained urban functions, sustained economy, and civilized society. Based on the historical ecological footprint evolution trend of Chongming Island and the master plan (2005-2020), this study conducts an analysis on ecological carrying capacity and ecosystem security of our research region, which through using the ecological footprint model. According to the local circumstances of land resource in Chongming Island, the aerospace remote sensing technology was used and the land use was divided into six types: farmland, woodland, water land, under construction land, wetland and fossil energy land. Especially the fossil energy land was consisted of woodland and wetland. Thus, the ecological footprint model suitable for Chongming Island was established. The dynamic results of ecological footprint from 2001 to 2008 in Chongming Island showed that the amount of ecological footprint and the ecological footprint per capita have overall upward trends except in 2002. With the economic development in Chongming Island, the proportion of fossil energy land becomes larger and larger. Although the GDP is increasing year by year, the GDP ecological footprint is still in early stage and lower than most other cities in China. This means that the material consumption level in Chongming Island is still at a low level. From 2006 to 2008 the ecological footprint pressure index is between 0.8 and 0.9, which shows that the ecosystem is still in ecological reserve, but start to enter into a critical state. The ecosystem balance should be considered with the further development of Chongming Island.

The prospect of ecological footprint in Chongming Island was also predicted. Because the proportion of fossil energy land become larger yearly the ecological footprint will increase slightly in 2010 and 2020. On the contrary, with the decrease of farmland area, the ecological carrying capacity per capita in 2020 will be less than it in 2010. The ecological footprint pressure index will be 0.96 and in a critical state in 2020. The forecast results show the limitation

of the master plan (2005-2020), which leads to the constantly increase of ecological pressure. Therefore in the eco-island construction process, the master plan should be adjusted to ensure the ecological balance of Chongming Island. It means that the conflicts between social & economic development and environment conservation must be paid attention”.

Finally, We examined the meaning and future prospects of ecological footprint's study through this paper.

はじめに

世界最大の沖積島である中国上海市近郊に位置する崇明島は、世界に比類なき生態価値を有する島である。2002年1月、ラムサール条約（特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地）の条約登録地となった。崇明島は長江からの土砂の堆積により形成された沖積島であり、唐の武徳元年（西暦618年）に海面から姿を現し始めたといわれている。今日でも崇明島は成長し続けているが、三峡ダムの建設、さらには気候変動に伴い、超長期的には存続についての可能性についても懸念されている。一方、上海市と崇明島の間には、トンネル・橋梁が2000年に開通したため、崇明島の自然環境のみならず、社会・経済環境は激変しつつある。崇明島の都市計画を構想する場合、全体計画の設計の中に、フットプリントの検討が必要である。立命館大学 R-GIRO 研究プログラム（水再生循環によるアジアの水資源開発研究拠点：代表、立命館大学理工学部中島淳教授）においては、テーマ4「水再生循環の地域マネジメントと水資源環境政策」（テーマリーダー、立命館大学政策科学部特任教授仲上健一）のプロジェクトとして、崇明島の水管理を焦点に都市計画・水質計画・生態計画を中国の同済大学（李建華教授）・華東師範大学（韓驥准教授）と共同研究を進めてきた。それらの研究成果は注1に示すとおりである。

本研究ノートでは、崇明島に関するフットプリントに関する論文を、崇明島の地域マネジメント研究の資料とすべく翻訳紹介するものとした。論文タイトルは、「崇明島のキャリング・キャパシティーに関する応用研究－エコロジカル・フットプリントモデルに基づいて」（東華大学、庚水文氏、指導教授、黄沈発氏）であり、その全体構成は注2に示すとおりであり、本研究ノートにおいては、崇明島の地域マネジメント及びフットプリントに関する部分の抄訳を行った。

1. 崇明島自然状況の概観

1.1. 地理と環境

図1に示すように、崇明島は西太平洋沿岸と中国海岸線の中間地域に位置し、中国最大の河川の長江河口にある。世界最大の沖積島であり、中国で三番目に大きい島である。「長江の門戸、東海瀛洲」とも称される。東経121°09'30～121°54'00、北緯31°27'00～31°51'15に位置する。崇明島の三方は長江に囲まれて、残りの一方は東海に囲まれている。島の東に東海、西は長江と繋がっている。南は長江を挟んで浦東新区、宝山区と江蘇省太倉市、北は江蘇省海門市、啓東市がある。全島の面積は1,267Km²で、東西約80Km、南北は13～18Kmあり、カイコを横たわっている形になっている。島は全体的に平らで、山も丘もなく、北西部と中央が少し高く、南西部と東部がやや低い。90%以上の土地の標高（呉淞の標高0mは参照とする）が3.21～4.20m間である。

1.2. 地質

崇明島は長江から流れてくる大量の土砂が河と海の相互作用により形成された。島内の地形が平坦で、第四紀の未固結の地層に覆われている。崇明島の基盤岩の断裂構造もよく成長している。NE-NEE 向け（北東-北東東方向）とNW 向け（北西方向）の断裂がよく見える。NE-NEE 向けの構造は主に陳家鎮断裂、城橋鎮-新光断裂、河口断裂、沙溪-呂四断裂である。NW 向け構造は三星-新光断裂など、その中陳家鎮断裂と沙溪-呂四断裂の規模が大きい。マグマ活動は堡鎮-新開河エリアのみ発見され、燕山時期の赤粗粒結晶花崗岩が70Km²の面積も分布している。

崇明島の地形が平らで、山も丘もない。地面標高3.21～4.20m（呉淞の標高0mは参照とする）の地帯は総耕地の90.65%に占め、標高3.20mの低地は総耕地の3.48%に占め、標高4.21mの地帯は総耕地の5.87%であ



図1：崇明島の地理的な位置

る。総面積の1.38%に占める防波堤と河岸の両側にある人口で積んだ土の山の標高は6.0 m以上である。

1.3. 土壌・植生

崇明島の土壌母材は河と海の堆積物で、種類で分類すると主に稲作土、湿土と塩類土壌の3種類および土属性8つ、土壌タイプ35個である。土壌耕作の厚さは、一般的に3～5インチである。3種類の土壌分布は東西方向で伸び広がって、南北方向で並んだ縞模様分布している。稲作土は主に三星、合作、廟鎮、江口、港西、城橋などの鎮および新河、堅新、堡鎮、向化、陳家鎮などの郷で南横引河に沿って南側に分布している。湿土は主に緑華、建設、港沿、中興などの鎮と堅新、堡鎮、向化、陳家鎮などの郷で南横引河に沿って北側に分布している。塩類土壌は主に北西-北東の方向で、長江と東海の沿岸に沿って分布している。土壌の表層はほぼ軽量土壌と中量土壌であり、深さ違いの砂層でもある。表層の土質より黄泥（土）、僵黄泥（土）、黄夾砂（土）、砂夾黄（土）、砂土と沿岸塩類土壌に分かれている。

植生は亜熱帯常緑と落葉混交林を中心とする過渡的な植生類型である。人間活動の妨害により、自然な原生植生が珍しく、ほとんどは人工的な代替植生である。また、崇明島の干潟植生も特色な植生類型である。

1.4. 天気と気候

崇明島は北亜熱帯の南端に位置し、亜熱帯海洋性気候に属する。気候は温和で湿潤、四季があり、十分な降雨がある。崇明島の風向は、夏は東南、冬は北西方向で、夏はむし暑く冬は寒い気候となり、典型的なモンスーン気候である。

年間日照時間は1,898.8時間、年間平均気温は16.4℃、年間最低温度は零下6.4℃、最高温度は38.0℃である。年間無霜期間は331日であり、年間降雨日は127日であり、年間平均降雨量1,023.9ミリメートルである。年間豪雨平均4回で、雷雨日数は39日である。台風、豪雨は崇明島の一般的な災害性気候である。崇明気象局が1949-2005年を記録した台風の統計解析によると、毎年台風の影響を受ける確率は73.21%であり、それに12級以上の台風の発生率が2.97%であった。

塩水の侵入と海水浸入が現在の崇明島特有な自然災害となっている。長江の河口は特大多段階分岐河口であるため、塩水の侵入とする最も重要な特徴は外海の塩水の侵入だけでなく、南側の分流は北側の分流により塩水浸入の影響も受けている。それにより、南側の分流の塩分濃度が時間的と空間的な変化は一般的河口と異なり、より複雑となっている。南側の分流は1～3月間で海水侵入の状況が深刻となっている。特に南門地区の東エリアは南側の分流が海水浸入による影響を受け、南門地区の

西エリアは北側の分流が海水浸入による影響を受けることより、崇明島の干ばつは飲料水の塩素濃度が過度になる現象が起こる。

1.5. 水文条件

崇明島の水路は、従来洪、港、激、川、溝 5 種類がある。土砂間の流水を人工で水路を掘割したのは「洪」と呼ばれている。入り江口のところで、潮汐があるので、船などが泊まれるのは「港」か「激」と呼ばれている。土地の境界線で水路を掘割して、押し寄せることと流水を目的とするのは川と呼ばれて、住民自身が田圃間で掘割したのは「溝」と呼ばれている。

崇明島が現在既存の都市、県級の主要川 33ヶ所、主要な排水川である。都市級の川は環島の川環(南横引河、北横引河)、172.75Kmの長さで円になっている。県級川は 32ヶ所で、合計 352.61Km がある。潮水を防ぐことと内陸河川の水位を制御するために、県級の河川の北と南の端は、合計 27 水門を建てている。崇明島は鎮級の川が 447ヶ所で合計 1,191.26Km がある。村級の川は 639ヶ所があり、合計 273Km がある。鎮級の川と県級の川が大体垂直的につながり、川の標高は普通 1.0～1.5 m であり、河床の幅は 3～5 m で、スロープは 1:(1.5～2.0) である。

崇明島は水路の数が多くで、内陸河川の通常水位は 2.8m である。年間降水量と長江の潮水量を加えて、崇明島の水資源はとても豊富であり、地下水の水位も高いである。潮汐の潮水の影響で崇明島の水質は塩分濃度が高い。通常、南側の分流の塩分濃度は北側の分流より低い。また、新河港の西エリアの塩分濃度は東エリアより低い。地下水の塩分濃度は土壌の塩分濃度に関連し、地表水の塩分濃度は地下水よりも高いのである。

1.6. 天然資源

崇明島は水資源が豊富だけでなく、生物資源と干潟資源も非常に豊富である。干潟で様々な動植物が繁殖し、豊富な生物資源が含まれている。

植物資源が豊富である崇明島は、アシ、関草、ワイヤ草 以外、全県範囲で様々な草本が道路と川側、スロープ、田圃間が生きている。家畜や家禽の天然飼料だけでなく、貴重な薬用資源でもある。100 種類以上の薬学的に許容される植物資源もある。

崇明島は多種多様な鳥類が生きている。東エリアは渡

り鳥の生息地であり、タンチョウやその他の希少な鳥類が休憩場所になっている。崇明島の三方は長江漁業場であり、東部は呂四、嵯山、舟山などの漁場に近くて、海洋水産物と長江水産物の資源が非常に豊富である。

2. 崇明島の社会経済状況の概要

2.1. 行政区画

2008 年まで崇明島は 15 つの鎮と一つの郷を含む 16 つの鎮郷を構築している。それぞれは城橋鎮、新河鎮、堡鎮、陳家鎮、緑華鎮、三星鎮、廟鎮、港西鎮、建設鎮、堅新鎮、港沿鎮、向化鎮、中興鎮、新海鎮、東平鎮と新村郷である。崇明県政府の所在地である城橋鎮は政治、経済、文化の中心である。

2.2. 人口概要

2008 年崇明島の戸籍人口は 61.88 万人である。その中に、非農業人口は 21.45 万人、農業人口は 40.43 万人で合計 26.56 万世帯である。2008 年の出生率は 5.55%、死亡率は 9.28%、自然増加率はマイナス 3.73% である。

図 2 から見ると、崇明島はこの数年の人口数は減少している。2001 年の 64.7 万人から 2008 年の 61.9 万人まで減らした。農業人口も減少する勢いがあり、2001 年の 49.5 万人から 2008 年の 40.4 万人まで減少しているとともに、非農業人口が増加する勢いにある。2001 年の 15.2 万人から 2008 年の 21.45 万人へ増加してきた。

2.3. 経済状況

近年、崇明県の経済は全体に増加し続けて、経済総量が増えている。産業構造が最適化されて、第三次産業も最適化・協調発展の様子を表している。2008 年崇明県の増加値は 137.7 億元で、去年より 12.1% を増加した。その中、第一産業の増加値は 17.7 億元で、去年より 5.36% 増加となり、崇明県増加値の 12.8% を占めた。第二産業の増加値は 68 億元で、去年より 13.0% を増加し、崇明県増加値の 49.4% を占めた。第三産業の増加値は 52 億元、去年より 13.5% を増加し、崇明県増加値の 37.8% を占めた。

崇明島例年 GDP と一人当たり GDP の変化状況は図 3 が示しているように、増加の傾向がある。2006 年から GDP は 100 億元を超え、2003 年から一人当たり GDP は 1 万円も超えて 2008 年の時点で 2.2 万元に達した。

崇明島の三次産業の割合の変化を図4に示す。三次産業は最適の状態となり、地域の発展と協調し、合理的な発展を遂げている。第一産業の割合は、2001年の23.9%から2008年の12.8%まで、年々減少している。第二次産業は、2001年の38.2%から2008年の49.4%まで、年々増加している。第三次産業は、2001年の37.9%か

ら2008年の37.8%で維持し、変動をあったが、全体的に安定な発展をしている。

2.4. 崇明島における土地資源の特徴

崇明島の土地資源は非常に豊富で、面積は上海市の総面積の1/4近くも占めている。崇明島は元々二つの小さ

表1：崇明島の総人口と人口構成の推移

年別	世帯	総人口（人）	非農業人口（人）	農業人口
2001	250321	647234	152322	494912
2002	248841	640079	157263	482816
2003	251017	635414	163965	471449
2004	254710	632635	175995	456640
2005	260923	630350	187792	442558
2006	263617	627739	198374	429365
2007	264880	623382	203024	420358
2008	265576	618822	214543	404279

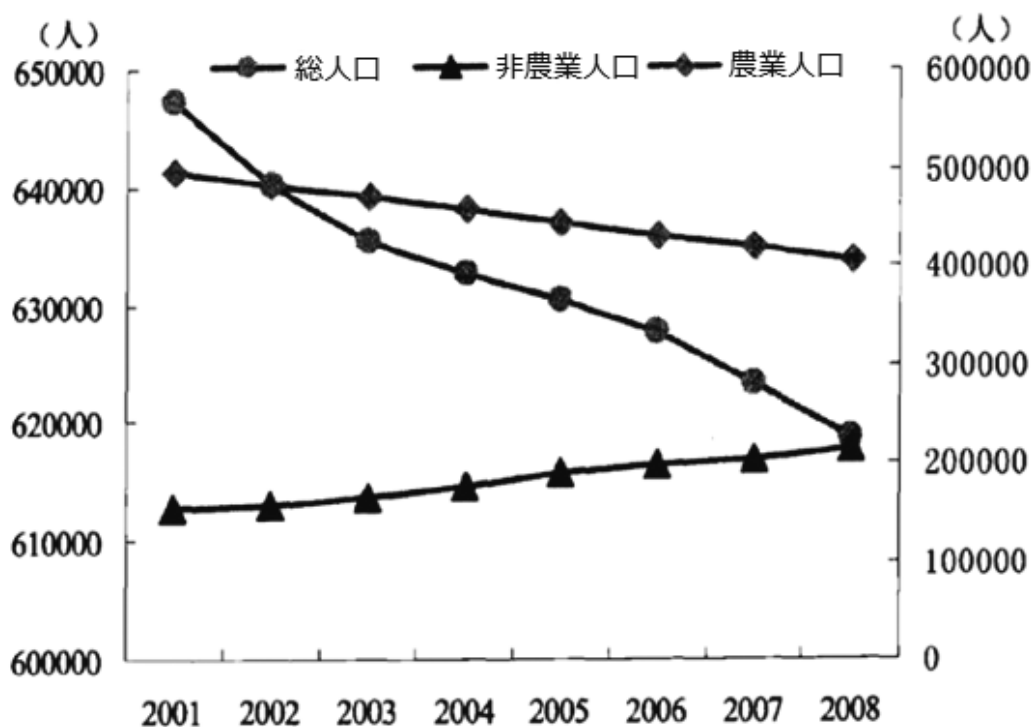


図2：崇明島の世帯人口の推移

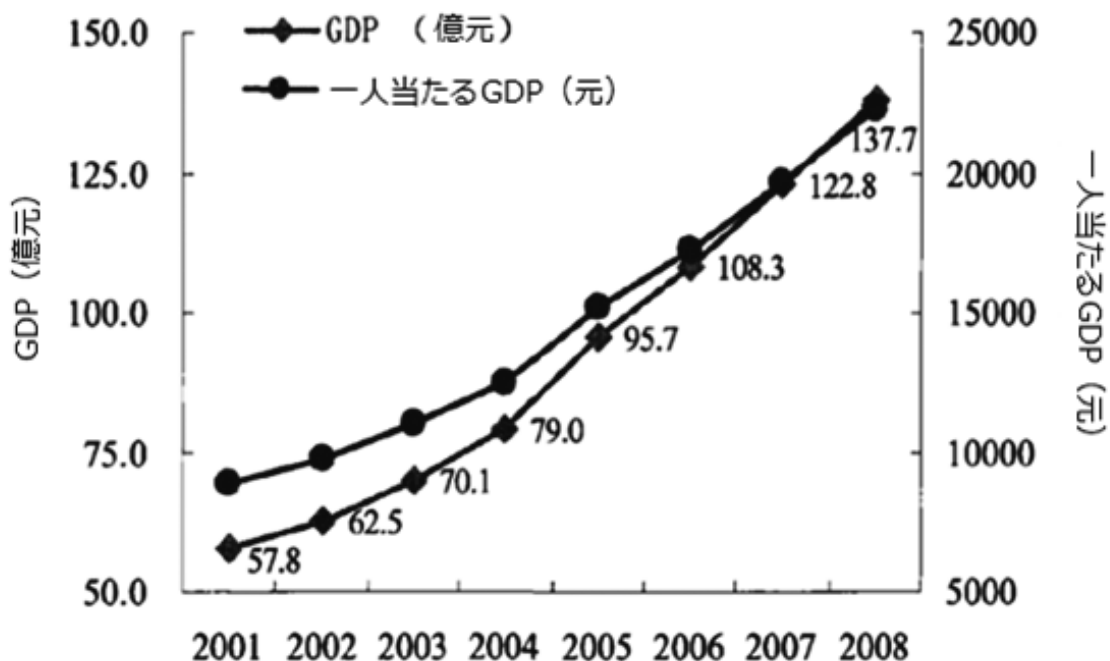


図3：崇明島のGDPと一人当たりGDPの変化推移

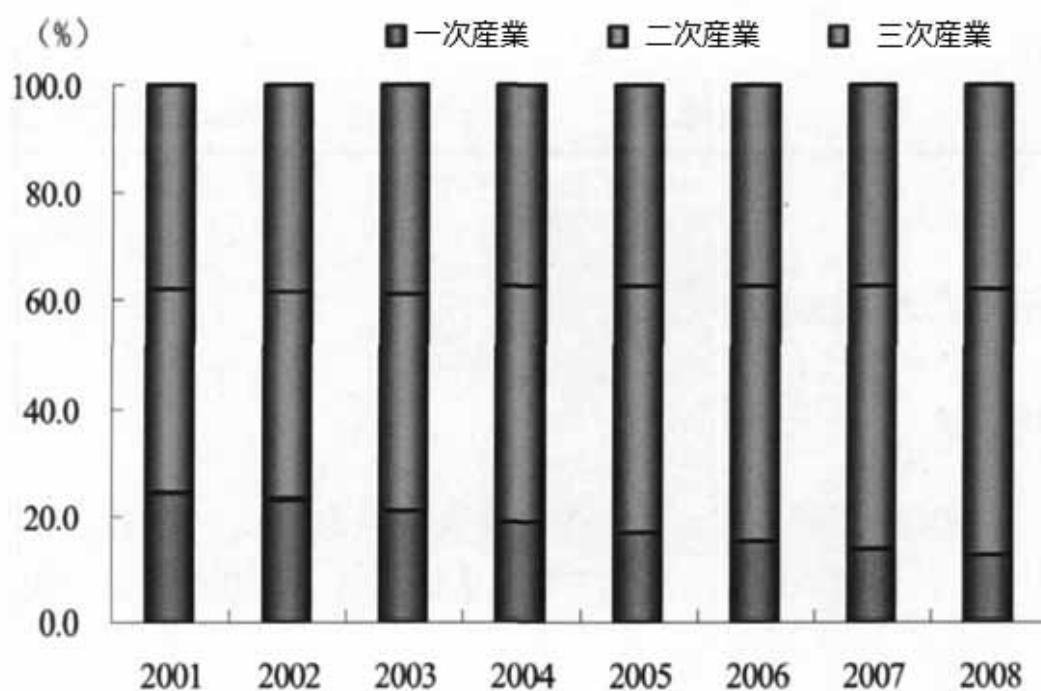


図4：崇明島三次産業の構成の推移

な浅瀬を構成して、1,300年以上の浅瀬と干潟が拡大と崩壊変化し、土地面積がずっと変化していて、徐々に中国で三番目に大きな島へとなり、それに世界最大の沖積

島となってきた。2008年の上海市土地利用リモートセンシングの解析によると、崇明島の土地面積は1,397.03Km²で、2000年と比べて、215Km²を増加した。崇明島の面

表2：崇明島の各種類土地の利用面積推移

土地の種類(km ²)	2000年	2003年	2006年	2008年
耕地	829.21	816.37	729.51	738.59
林地	26.56	26.93	26.86	28.18
水域	145.72	154.80	194.38	196.97
建設用地	149.03	152.07	231.49	251.42
干潟湿地	5.99	5.99	108.08	109.89
他	25.59	25.05	56.84	71.96
合計	1182.11	1181.21	1347.16	1397.03

積変化は主に干潟の面積が変わっている影響である。崇明島の干潟は東灘、西灘、南灘と北灘4つのブロックに分けられている。干潟の面積は2000年の5.99Km²から109.89Km²に増加し、約104Km²を増加した。崇明島の例年土地利用面積は、表2に示されている。

エコロジカル・フットプリントの生態生産性な土地利用種類からよると、崇明島の土地種類は、耕地、林地、水域、建設用地、干潟、そのほか用地の6つに分かれている。表2から見ると、崇明島の耕地面積が占めている割合は減少し、建設用地は2000年から2008年まで、約100Km²に増加した。該地域の土地に関する経済発展に係われている。

3. 崇明島の生態環境

3.1. 水環境の現状

「1環2湖29壑」は崇明島現在の水系の核心である。「1環」は環島の川（南北横引河）、「2湖」は明珠湖と北湖、「29壑」は崇明島内南北方向の県級水路を示している。

崇明島が現在既存の都市、県級の主要川33ヶ所、主要な排水川である。都市級の川は島の環川南北横引河、172.75Kmの長さで円になっている。県級川は32ヶ所で、合計352.61Kmがある。潮水を防ぐことと内陸河川の水位を制御するために、県級の河川の北と南の端は、合計27水門を建てている。崇明島は鎮級の川が447ヶ所で合計1,191.26Kmがある。村級の川は639ヶ所があり、合計273Kmがある。鎮級の川と県級の川が大体垂直的

につながり、川の標高は普通1.0～1.5mであり、河床の幅は3m～5mで、スロープは1:(1.5～2.0)である。

2008年の地表水の水質到達率は92.1%であり、直近8年間の水質変化は全体的に変化する勢いにあった。図2-5から示しているように、2001-2004年水質が良好で、2004年で最も高い到達率の93%にも達した。2004-2006年水質到達率は年々減らし、2006年は82.2%にまで減らした。2007年から2008年をかけて水質到達率は92.1%まで上回り、揮発性フェノール、溶存酸素量と全リンが規準を超えたことは要因となる。

崇明島は合計浄水場31ヶ所（2008年末調査による）がある。その中に、24箇所の浄水場は崇明県環境保護局常軌モニタリングの範囲に属する。城橋鎮エリアの浄水場の水源は長江、南横引河と老澱河である。他の鎮はその場の主要河川で水源を入手している。2008年崇明島の水源地の水質到達率は86.4%であった。直近8年間の飲用水の水源地水質の変化から見ると、変動する勢いを示した（図5）。2001-2004年水質が良好で、到達率は90%以上であり、2004年はトップの97%の到達率も達した。2005-2007年水質が低くて、2006年は最低の82.2%に達した。2007年から水質は少しずつ改善があり、2008年の水質到達率は86.4%だった。規準を超えた要因として、2008年の要素は総窒素、全リン、揮発性フェノールおよび溶存酸素量であった。

2008年には、明珠湖の水質は中級栄養で、北湖は富栄養水準であった。崇明島生態環境の背景調査結果によると、明珠湖の水質は総窒素と生化学的酸素要求量

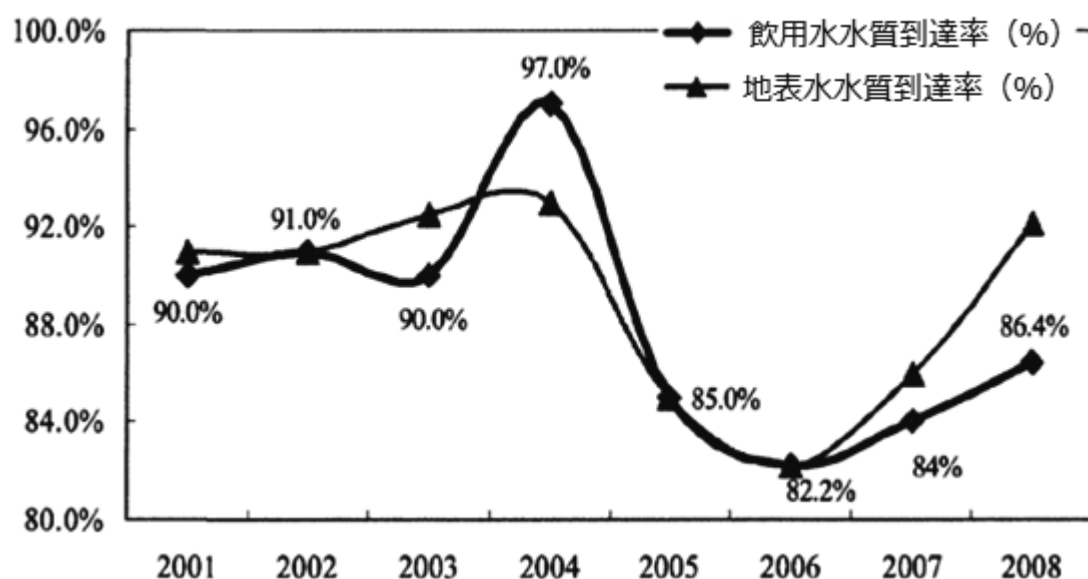


図5：崇明島例年の飲用水と地表水水質到達率の変化図

(BOD) が規準を超えたが、それ以外の要素は地表水三級の標準を到達した。北湖の化学的酸素必要量 (COD) と総窒素と全リンが規準を超えたのは主な要因である。

3.2. 空気環境質量状況

2008年崇明島の空気環境質量は全体的に安定状況となり、主な汚染物質は浮遊粒子状物質である。NO₂の年間平均値は、国家環境大気質量基準一級に達した。SO₂、浮遊粒子状物質 (PM10) やCOの年間平均値は、国家環境大気質量基準二級に達した。2008年崇明島のAPI (大気汚染指数) が一級に達した日数は141日、優良日数340日で、92.9%の優良率に到達した。

4. 島嶼生態系の主要種類

崇明島の発展状況はわりに完備な地域として、森林、農地、河川、湖、魚池、都市を含む異なる種類の土地種類があり、生態系も完備である。本文では、空中リモートセンシング技術を利用して、崇明島土地被覆 / 土地利用に対して、崇明島の生態系は主に森林生態系、農地生態系、水域生態系、干潟湿地生態系や都市生態系などに分けられている (Zeng et al., 2005)。

4.1. 森林生態系

崇明島の森林生態系は経済林、果樹林、防風林、公園

や都市緑地等を含んでいる。崇明島森林資源がより豊富であるが、自然な原生植生が珍しく、ほとんどは人工的な代替植生である。森林の植物は、主に高木であるが、数が少ない灌木と草本植物もある。都市の緑化樹木もほとんど低木である。崇明島には大面積で経済林、果樹林と長江沿い防風林を植え、東平森林公園も割に完備な森林生態系である。

4.2. 農地生態系

崇明島は今迄まだ大規模な開発と建設を行っていない状態で、土地面積の50%以上が耕地であり、農作特徴を持っている地域開発構成をほとんど残っている。したがって、崇明島にとって、農地生態系は極めて重要な役割がある。農地生態系は人工生態系で、森林生態系と比べると、農地にある動物種類が少なく、コミュニティの構成も単一し、相応の生態効益も少なくなる。農地生態系は豊富な農産物を提供しているために、炭素固定、酸素排出および水保全機能を持っている。それは、地球大気のCO₂とO₂のバランス維持に、温室効果を緩やかにすることと土水の保全にプラスの効果がある。

4.3. 水域生態系

河川、魚池、湖などを含む崇明島の水域生態系は、基本的に人工で発掘された生態系で、人々に水資源と水産物を提供する目的である。

崇明島の水域生態系では、明珠湖と北湖の二つの湖がある。河川は主に「1環29 竖」である。川と海に近い崇明島は、水資源が十分である。開発可能な水資源総量（地表水源の総供給量）は約 31.13 億 m³ である。同時に、塩水の資源も豊富で、干潟養殖産業の発展に有利な条件となった。

4. 4. 干潟湿地生態系

崇明島の湿地生態系は、主に西沙湿地と東灘湿地である。東灘湿地は崇明島の最東端に位置し、長江の河口である。中国の渡り鳥が南北遷移東線の中央であり、非常に重要な位置である。生物多様性の価値は、生物種類の多様性と生態系の多様性で表れている。東灘湿地は広く、多様な底動物や植物資源がある。また、渡り鳥が渡る途中の集散地と水鳥の越冬地である。崇明島東灘で鳥が 312 種類、渡り水鳥が百万匹以上と記録された。1999 年で崇明東灘は正式に東アジア-オーストラリア水鳥遷移保護ネットワークに加入した。2002 年 1 月、崇明東灘は国際的に重要な湿地として国際湿地保全連合事務局が正式に認められた。東灘湿地の渡り鳥保護区は 1998 年にも「国際的に重要な湿地の名目リスト」に記入された。2005 年に国務院が国家自然保護区として承認された。西沙湿地の総面積は 3Km² の総面積であり、上海で唯一の自然な潮汐の現象と干潟林地がある自然湿地である。

4. 5. 都市生態系

都市生態系は、都市住民とその環境の相互作用で形成

された統一な一体である。また、人間が自然環境への適応、加工、改造で構築した特別な人工的な生態系でもある。都市生態系は大規模な人口が居住している都市で、人口、建物や構築物を主体としての環境で形成された生態系であり、社会経済生態系と自然生態系を含められている。都市生態系は他の生態系（農地生態系、森林生態系、水域生態系など）から人為的な輸入が必要となる。つまり、他の生態系に巨大な依存性があるので、とても脆弱な生態系である。

5. 崇明島のエコロジカル・フットプリント動態変化分析

5. 1. 例年のエコロジカル・フットプリント変動分析

総エコロジカル・フットプリントの計算方法によると、崇明県が公開した例年の統計年鑑の生物資源（初級生産品と二級生産品）、液体石油ガス、石炭と電気などの消費量を参照して、統一基準である比較可能・合計可能なエコロジカル・フットプリントに換算し、加算する。

5. 1. 1. 総エコロジカル・フットプリントの動態変化分析

総エコロジカル・フットプリントは一人当たりのエコロジカル・フットプリントと当該年度の総人口数を掛ける。崇明県の統計年鑑での人口数と一人当たりエコロジカル・フットプリントによって、例年の総エコロジカル・フットプリントを得る。

図 6 によると、2001 年から 2008 年の間で 2002 年を除いて、総エコロジカル・フットプリントは全体的に上

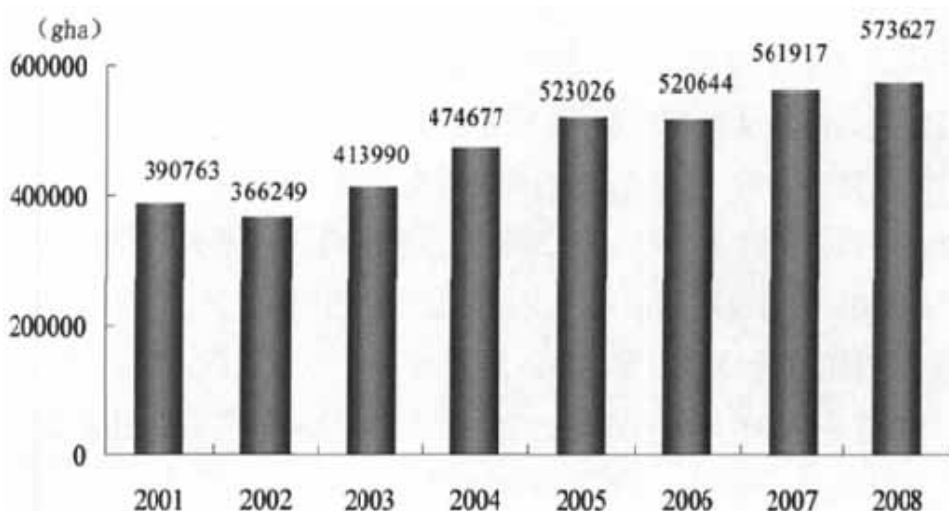


図 6：崇明島の総エコロジカル・フットプリントの変化図

昇傾向で、人間が自然資源に対する消費は増加する一方である。2008年まで、崇明島の総エコロジカル・フットプリントは573,627.17ghaであり、2001年の1.5倍になった。

2002年の総エコロジカル・フットプリントが一番低かった。2001年より10万トンの石炭消費量が減らし、エネルギーエコロジカル・フットプリントに換算したら、16,313ghaが減少したことは要因となる。それに、植物油、乳製品や肉製品の消費量も2001年より減少し、水域の収量係数も小さくなったことを加えて、2002年の総エコロジカル・フットプリントは2001年より約24,500gha減少した。

5.1.2. 総エコロジカル・フットプリントの構成動態分析

様々な土地タイプが統一基準の生態フットプリントに変換すると、化石エネルギー用土地の割合が多くて、その次は耕地、水域と森林である。それに、化石エネルギー用土地には、森林の生態フットプリントは干潟湿地のより大きい。表3から見ると、化石エネルギー用土地は全体的な増加傾向で、耕地、森林と水域は減少傾向になった。この8年間島内住民の年間消費構成が変更された。

(1) 住民の消費構成の変更。主食、肉の一人当たり消費量は年々減少している。2001年に比べ2008年には一人約5Kgを減少させた。また、一人当たりのアルコール消費量も大幅に減少している。2001年に比べ2008年

には一人約8Kgを減少させた。しかし、2001年より2008年の一人当たりの野菜消費量は約30Kg増加し、牛乳や乳製品は1.5Kgの増加もあった。

(2) エネルギー消費の増加。2008年の電力消費量は2001年に2.9倍であった、2008年の石炭消費量は2001年の1.5倍であった、2008年のLPG消費量は2001年の1.6倍だった。主な理由は次のとおりである。まず、島内の非農業人口の増加、および農業人口の生活水準の向上で、エネルギー消費量も増加した。それに、2001-2008年は経済発展の急成長時期で、2008年のGDPが2001年の約2.4倍である。したがって、経済発展の加速だけでなく、エネルギー消費も加速させた。

5.2. 一人当たりのエコロジカル・フットプリントと容量変化解析

式1によると、崇明島2001-2008年に、さまざまな生物資源、エネルギー、電気の消費量が比較と追加できる統一基準を持っている生態フットプリントに変換する。各年の計算結果(表4)をサマリと分析して、8年間の崇明島の全体的な発展動向と動態変化状況を得ることができる。

5.2.1. 一人当たりのエコロジカル・フットプリントとキャリング・キャパシティーの変化分析

図7と表4が示しているように、2001-2008年の間少しの変動があったが、崇明島一人当たりのエコロジカル・

表3：2001-2008年崇明島のエコロジカル・フットプリントの校正分布表(%)

年別	耕地	林地	水域	化石エネルギー 用地(林地)	化石エネルギー 用地(干潟湿地)	化石エネルギー 用地(合計)
2001	40.28	1.20	12.93	42.98	2.61	45.59
2002	38.42	1.16	15.03	42.80	2.60	45.40
2003	34.28	0.65	11.84	50.10	3.13	53.23
2004	28.77	0.57	11.09	56.07	3.50	59.58
2005	33.10	0.44	10.45	52.69	3.32	56.01
2006	31.87	0.52	11.02	53.23	3.35	56.58
2007	30.12	0.38	8.84	57.07	3.59	60.66
2008	28.77	0.48	9.52	57.60	3.63	61.23

$$EF = N \cdot ef = N \cdot \sum_{i=1}^n r_j \cdot aa_i = N \cdot \sum_{i=1}^n r_j \cdot (c_i \div p_i) \quad (式1)$$

EF: 総エコロジカル・フットプリント (ha) ;

N: 総人口 (人) ;

ef: 一人あたりエコロジカル・フットプリント (ha/人)

i: 民需品の種類 ;

j: エコロジカル・生産性土地の種類(①.Crop Land、②.Forest Land、③.Fishing Ground、④.Built-up Land、⑤.Wetland、⑥.Carbon Uptake Land) ;

c_i: 第 i 種の民需品において一人あたり消費量 (kg);

p_i: 第 i 種の民需品の平均生産能力 (kg/ha);

aa_i: 一人あたりの第 i 種の民需品を換算するエコロジカル・生産性土地の面積 (ha);

r_j: 均衡因子

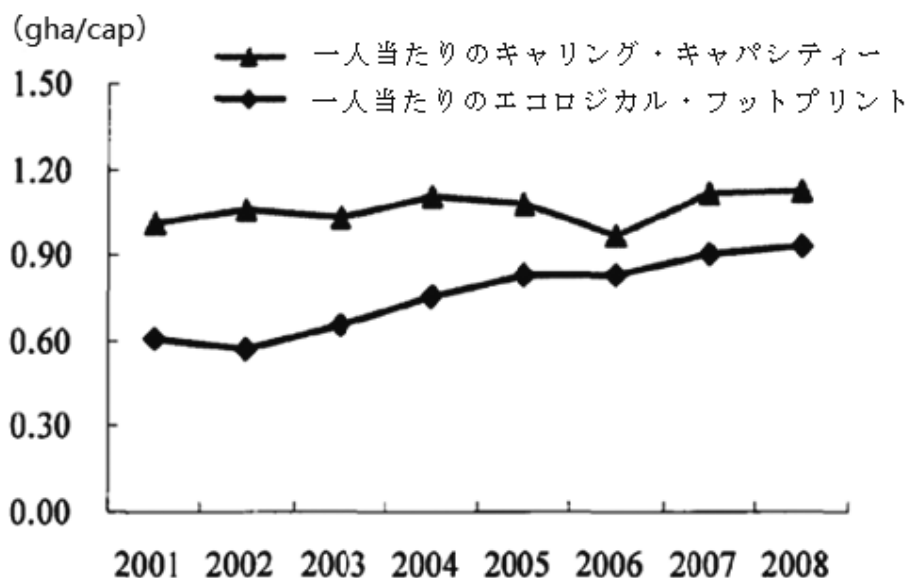


図7：崇明島一人当たりのエコロジカル・フットプリントとキャリング・キャパシティーの変化推移図

表4：2001年-2008年崇明島のエコロジカル・フットプリントとキャリング・キャパシティーの変化のまとめ

年別	耕地	林地	水域	化石エネルギー用地		一人当たりのエコロジカル・フットプリント	一人当たりのキャリング・キャパシティー	生態黒字	
				(林地)	(干潟湿地)				
2001	0.243166	0.007260	0.078064	0.259512	0.015740	0.275252	0.603742	1.010112	0.406370
2002	0.219817	0.006631	0.085980	0.244911	0.014854	0.259765	0.572194	1.059557	0.487363
2003	0.223330	0.004230	0.077134	0.326444	0.020390	0.346834	0.651528	1.029268	0.377740
2004	0.215840	0.004291	0.083176	0.420730	0.026280	0.447009	0.750317	1.108505	0.358188
2005	0.274662	0.003663	0.086694	0.437206	0.027514	0.464720	0.829738	1.074867	0.245129
2006	0.264315	0.004335	0.091435	0.441525	0.027786	0.469312	0.829396	0.969617	0.140221
2007	0.271466	0.003447	0.079700	0.514415	0.032373	0.546788	0.901400	1.115142	0.213742
2008	0.266676	0.004450	0.088273	0.533964	0.033603	0.567567	0.926966	1.125429	0.198463

フットプリントは全体的に上昇している。2002年の一人当たりのエコロジカル・フットプリントは一番低くて、0.57gha/capだった。当年度の総エコロジカル・フットプリントも低かったことは要因である。

2001-2008年の間少しい変動があったが、崇明島一人当たりのキャリング・キャパシティーは全体的に上昇している。2006年一人当たりのキャリング・キャパシティーは一番低くて、約0.97gha/capだった。そのうち、2006年の水域キャリング・キャパシティーは2005年と比べて約0.14gha/capに減少した。要因という、2006年の水域収量係数は13.70であり、2005年の27.27から13.57に減少した。

5.2.2. 生態黒字分析

図8から見ると、2001-2008年崇明島の生態黒字は全体的に下がっているが、少しい変動があった。2002年の崇明島生態黒字は最高点に達して、その原因は2002年の一人当たりのエコロジカル・フットプリントが低かったからだ。2006年の崇明島生態黒字は最小値に達した原因は、一人当たりのキャリング・キャパシティーが最低値であり、エコロジカル・フットプリントも高かった。

表5から見ると、崇明島の一人当たりのキャリング・キャパシティーは一人当たりのエコロジカル・フットプリントより余裕があるので、生態黒字が存在している。世界範囲から見ると、2005年には世界中の生態赤字は0.6gha/capに達し、アラブ首長国の生態赤字が一番高

くて、8.4gha/capに達した。一方、ガボンの生態黒字は最高の23.7gha/capに達した。

5.3. 万元 GDP エコロジカル・フットプリントの変化分析

万元 GDP エコロジカル・フットプリントとは、ある地域の年間総エコロジカル・フットプリントを年間GDP総量で割ることである。GDPとは、ある国（または地域）は一定期間内に企業が自身の最終財・サービス合計の度量として、多くの場合、ある国（または地域）の経済状況を表す重要な指標である。エコロジカル・フットプリントは、ある地域人間の社会経済活動が天然資源を消耗する状況の評価指標であり、人間活動は自然生物量に対する使用状況の反映である。

図9から見ると、崇明島の万元 GDP エコロジカル・フットプリントは全体的に減少する勢いにあったが、変動現象もあった。図3が示しているように、2001-2008年の間崇明島のGDPは年々増加し、2001年の57.8億元から2008年の137.7億元を増加し、8年間約2.4倍に増加した。本文の第4.1.1章から、2002年の総エコロジカル・フットプリントが低かったので、2002年のエコロジカル・フットプリントも変曲点であった。

表6が示しているように、崇明島のエコロジカル・フットプリントは他の地域と比べると、台湾より高い以外、その他の地域より低いのである。中国の万元エコロジカル・フットプリントは世界レベルよりも高い。崇明島のモノ消費レベルはまた低いことを表している。

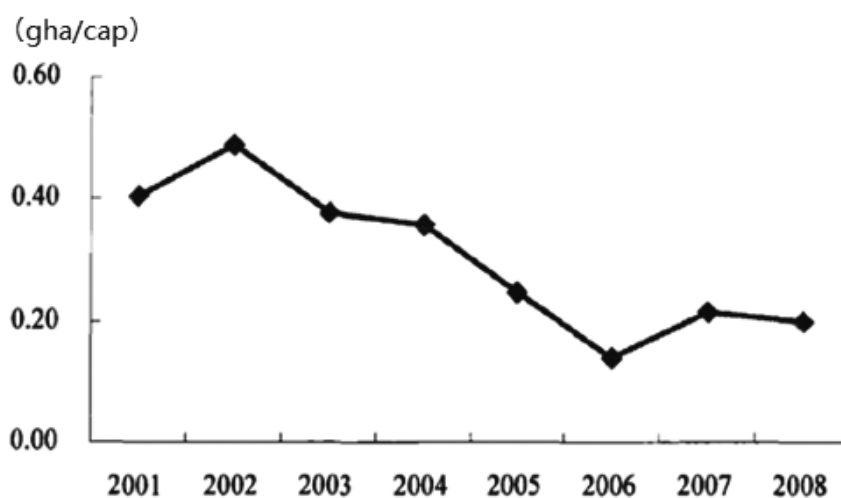


図8：崇明島の生態黒字の変化推移

表5：各地域のエコロジカル・フットプリント指標の比較図（gha/cap）

各地域	年別	一人当たりの エコロジカル・ フットプリント	一人当たりの キャリング・ キャパシティー	生態赤字/ 生態黒字
崇明島	2008	0.926966	1.125429	0.20
上海	2005	1.8616	0.1608	-1.73
青浦区	2006	3.178229	0.391111	-2.79
広州	2000	2.50	0.20	-2.30
北京	2003	2.132	0.02	-2.11
中国	2005	2.10	0.90	-1.20
米国	2005	1.40	0.80	-0.60
日本	2005	4.90	0.60	-4.30
ガボン	2005	1.3	25	23.7
アラブ首長国連邦	2005	9.5	1.1	-8.4
世界	2005	2.70	2.10	-0.60

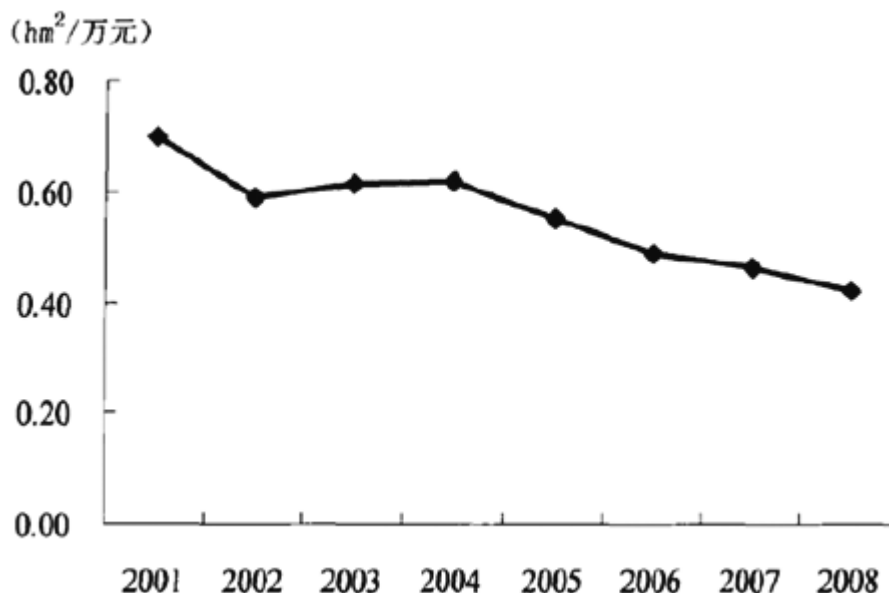


図9：崇明島の万元 GDP エコロジカル・フットプリントの変化図

表6：各エリアの万元 GDP エコロジカル・フットプリントの比較分析（gha/ 万元）

各地域	崇明島	上海	青浦区	中国	台湾	世界
万元GDPエコロジカル・フットプリント	0.42	0.92	0.67	1.785	0.219	1.103

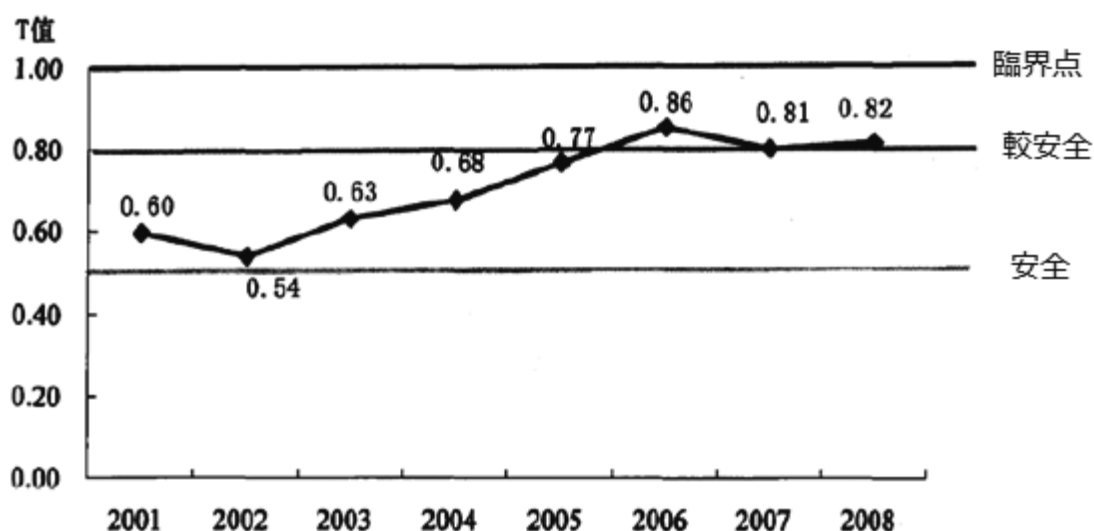


図 10：崇明島の生態圧力指数の変化推移

5.4. 崇明島生態系の安全動向分析

図 10 によると、2002 年以外に、崇明島は 2001-2008 年の生態圧力指数が全体的に増加する勢いを表れている。2001-2005 年に生態圧力指数は 0.5-0.8 で、2006 年から崇明島の生態圧力指数は 0.8-1.0 に増加した。つまり、2001-2005 年には崇明島の生態系はまた安全な状態だったが、2006 年から生態系が臨界状態になった。

6. 崇明島キャリング・キャパシティーの予測と分析

動態予測はエコロジカル・フットプリント研究の重要方向の一つであり、未来の動向を予測することを通して、静態性予測の欠陥を補うことができる。外国の学者は、情景分析や時系列外挿方法でエコロジカル・フットプリントの動態を予測することが一般である (Medved, 2006; Vuuren et al., 2005)。一方、国内の学者の研究結果は主に大スパン時系列のエコロジカル・フットプリントの変化に基づいて、単一指標や複数の指標を取り、一次元あるいは多次元線形回帰モデルを確立し研究している (Yuan et al., 2005; Chen et al., 2005; Luo et al., 2008)。または、最小二乗法を使い、エコロジカル・フットプリント動態モデルが構築され、予測を行うが、それらのモデルがどれも予測の精度を保証することは非常に困難である。

本文では、2010 年と 2020 年の崇明島エコロジカル・

フットプリントとキャリング・キャパシティーを予測したい。生物資源のエコロジカル・フットプリントは 2001-2008 年の消費量の動向によって予測し、エネルギーのエコロジカル・フットプリントは「崇明三島総体計画」(2005-2020 年) のエネルギー計画で予測する。また、土地利用計画を通じてキャリング・キャパシティーの予測を行う。

6.1. 崇明島計画

6.1.1. 土地利用計画

2005 年 10 月、「崇明三島総体計画」(2005-2020 年) が正式に導入された。美しい環境、集中的な資源の節約、それに経済社会の協調発展な現代化生態島を構築することを確定した。生態系の保護と建設開発の間の衝突を回避するために、異なるエリア生態保護と開発目標に応じて、永久保護エリア、建設制御エリア、戦略的な予備エリアと適度な開発エリアの 4 つのエリアに分けられている。

(1) 永久保護エリア：開発建設エリアである。このエリアには、生態の育成と維持のみ許可されている。同時、ある程度の人間活動、例えば、科学実験、観察、観光などの活動が許可されている。永久保護エリアは主に生態保護ゾーン、重要な干潟湿地ゾーンと生態林地ゾーンとなり、崇明島総面積の約 60% を占める。東灘渡り鳥の自然保護ゾーン、東エリアの森林ゾーン、西エリアの明珠湖と森林ゾーン、北エリアの干潟ゾーン

や農地、南エリアの城鎮間の緑地ゾーン、南エリア城鎮と中央エリアの森林農地間の緑地が含まれている。

(2) 建設制御エリア：生態保護エリアである。適度な生産と生活エリアであり、主に農地と適度な開発できる林地などが含まれている。崇明島総面積の約23%を占め、中央エリアの農地、東平森林公園と堡鎮北エリアの森林公園を含んでいる。休日の旅行などのニーズを満たすために、東平森林公園と堡鎮北エリアの森林公園は小規模な第三次産業の開発建設や湖の周りのレジャー、娯楽などの開発が許可されている。

(3) 戦略的な予備エリア：市レベルの重要なプロジェクトが崇明島で発展の先行用地、または一部の城鎮、産業エリアの長期的な発展のための予備地である。崇明島総面積の約1%を計画している。市レベルの重要なプロジェクトの先行用地は、東平森林公園、北湖と東灘のところを計画している。

(4) 適度な開発エリア：計画期間内の建設発展用地であり、城鎮建設用地と産業用地も含められている。崇明島総面積の約16%を計画している。主に崇明島南部の都市化ゾーン、各居住ゾーンと東灘、北湖、明島湖ゾーンである。

「崇明三島総体計」（2005-2020年）を解説することにより、崇明島の土地利用計画は次のように：

(1) 城鎮建設用地は崇明島南部の都市化ゾーン、各居住ゾーンと東灘、北湖、明島湖ゾーンを含めている。崇明島南部の都市化ゾーンは城橋新島場、新河、堡鎮、廟鎮と向化の5つ城鎮で構成され、带状都市であり、全島で最も人口と産業が密度の高いエリアである。2010年の計画城鎮建設用面積は23.5Km²で全島総面積の1.9%を占め、2020年に57Km²まで増やし、全島総面積の4.5%を占める予定である。

(2) 工業園エリアは、崇明市レベル工業園と輸出加工エリアを中心として発展し、堡鎮、新河、廟鎮、向化の工業園の建設を推進する。2010年計画の工業園エリア面積は9.19Km²で、全島総面積の0.7%を占め、2020年に30Km²まで増やして、全島総面積の0.24%を占める予定である。

(3) サービス型土地は、崇明島東部と西部2つの現代化サービスセンターで構成され、中部の森林公園周囲の現代化サービス業も集中している。2010年計画のサービス型土地面積は5Km²で全島総面積の0.4%を占め、2020年に20Km²まで増やし、全島総面積の1.6%を占

める予定である。

(4) 農林用地は、生態農業用地と観光農業用地を主に崇明島北部に位置している。また、中央部は在来の農業用地を保留し、3つのオープン型農業エリアを形成する。北部は既存の魚池を保留し、生態カニ、カニプロ拠点の建設も積極的に推進している。2010年の計画農地は710.71Km²であり、2020年まで520Km²の農地を計画している。

「1環2区4園多帯」の構成形を計画している。崇明島東部と西部2つの生態林地および中部森林公園をメインの森林生態系を構築する。それに、主要交通路線と主要河川の両岸の生態林地帯を繋がり、崇明島全体の森林空間を構築する。2010年の計画林地総面積は221.8Km²と園地面積3Km²で、2020年では389Km²の林地総面積と4Km²の園地面積を計画している。

(5) 国際生態居住エリアは、低密度で生態高級な別荘が主要な形となる。それらの異なる構造に応じて、2種類の用地に分かれている。城鎮開発に依存する国際生態居住エリアは城鎮建設用地で、城鎮開発から独立した国際社会生態居住エリアの性質はサービス型土地として分類される。

崇明島の干潟面積は年々増加し続け、土地の予備資源がとても豊富である。文献資料（Zhao et al., 2008）により、2010年崇明島の干潟総面積は10,989ヘクタール、2020年まで12,189ヘクタールになると確定している。表7によると、2010年と比べ、崇明島は2020年の耕地用地面積は19,071ヘクタール減少し、約27%である。林地用地面積は17,120ヘクタールを増加し、約77%である。建築用地面積は2010年より2,251ヘクタール増加した。

6.1.2. エネルギー計画

6.1.2.1. 電気計画

崇明島の将来を「エコアイランド」に位置づけ、崇明島将来は主に観光と現代サービス業などの第三産業に注目している。上海市内と比べると、鉄鋼や化学などの電気負荷が大きな重工業の存在はないので、崇明島の一人当たりの電力消費量はある程度の差がある。2008年崇明島の電力消費量によると、2010年崇明島の電力消費量指標は3,800Kw/人・年を取り、先進国の電力消費水準の一人当たりの電力消費量と組み合わせ、2020年崇明島の総合電力消費量指標は6,500Kw/人・年であり、

表7：2010年と2020年崇明島の土地利用面積計画

番号	土地タイプ	2010年計画面積 (ha)	2020年計画面積 (ha)
1	耕地	71071	52000
2	林地	22480	39300
3	水域	19700	20000
4	建設用地	18949	21200
5	干潟	10989	12189
6	他の土地	2000	1000
	総面積	145189	145689

人口は65万人と予測する。

6.1.2.2. 石炭予測

上海市天然ガス開発計画の進捗状況に応じて、崇明島が既存の堡鎮石炭火力発電所は近いうちに閉めることとなり、長興島で長江河口発電所の建設を計画する。

6.1.2.3. 天然ガス計画

島内の天然ガスパイプライン網の構築を強化し、天然ガスプロジェクトを実現する。2020年まで、全島へのガス供給が基本的に実現する。

6.1.2.4. 風力発電計画

崇明グリッドの安全・安定性を考慮するために、段階的に開発建設を計画している。2010年まで10万Kwの風力発電が完了できるようだ。2020年は崇明北部沿風発電所を建設し続ける。崇明島北部と東部風力資源の開発と利用について研究し、2020年まで25-30万Kwの最大出力を達する予定である。

6.1.3. 人口予測

「崇明三島総体計画」(2005-2020年)では、三つの島の位置づけと産業発展重点によって、人口移動方向を考慮することから、崇明島南部が島内の原住民を中心に、三つの特別なエリアは、外部地域よりハイテク人材を導入する予定である。したがって、崇明島南部と特別エリアは人口密集の地域となり、人口の引き入れを強化する。

崇明島中部、北部は人口の緩和エリアとして、ある程度の人口を維持しながら徐々に他のエリアに分散する。崇明東灘は人口抑制エリアとして、基本的に住民がいない状態で、原住民を計画期間内に全員移転させる。2010年の崇明島都市化レベルを45%に達するという計画である。つまり、総人口60万人の中で非農業人口27万人と農業人口33万人である。2020年に崇明島都市化レベルは78.5%に達する予定である。総人口は65万人であり、51万人の非農業人口と14万人の農業人口を含める。

6.2. 一人当たりのエコロジカル・フットプリント予測

崇明島2010年と2020年のエコロジカル・フットプリント予測は生物資源消費総量とエネルギー消費総量に応じて、2つ部分のエコロジカル・フットプリントを含めている。

2001-2008年のエコロジカル・フットプリントの研究と分析によると、島内住民の消費構造が変化し続けて、食糧、肉、アルコールの消費量は年々減少の一方で、野菜、牛乳や乳製品の消費量は年々増加している。これらの特性と結び付けて、崇明島2010年と2020年の生物資源の消費状況を予測する。

崇明島2010年と2020年のエネルギー消費予測は「崇明三島総体計画」(2005-2020年)のエネルギー計画と結びつける。2008年第一回全国公害国勢調査のデータによると、崇明堡鎮の石炭火力発電所の年間石炭消費量が82万トン、年間発電能力が12.8億Kw/時である。「崇明三島総体計画」(2005-2020年)によると、2020年ま

表8：崇明島 2010年と2020年エコロジカル・フットプリント予測結果（gha/cap）

土地利用タイプ	2010年		2020年	
	一人当たりのエコロジカル・フットプリント	割合 (%)	一人当たりのエコロジカル・フットプリント	割合 (%)
耕地	0.252301	26.37	0.227679	23.02
林地	0.004918	0.51	0.005866	0.59
水域	0.095580	9.99	0.131385	13.28
化石エネルギー用地（林地）	0.568065	59.38	0.587253	59.37
化石エネルギー用地（干潟湿地）	0.035750	3.74	0.036957	3.74
化石エネルギー用地合計	0.603815	63.12	0.624210	63.11
合計	0.956614	100	0.989139	100

表9：2010年と2020年崇明島のキャリング・キャパシティー予測（gha/cap）

土地利用タイプ	2010年		2020年	
	一人当たりのキャリング・キャパシティー	割合 (%)	一人当たりのキャリング・キャパシティー	割合 (%)
耕地	0.544120	46.58	0.367488	35.60
林地	0.089197	7.64	0.143941	13.94
水域	0.323737	27.71	0.303385	29.39
建設用地	0.145074	12.42	0.149822	14.51
干潟湿地	0.066117	5.66	0.067696	6.56
合計	1.168244	100	1.032331	100

でに堡鎮発電所は天然ガスの変換を改造する予定があることで、2020年の石炭消費総量の予測については、このデータを抜く必要がある。

2010年と2020年の崇明島エコロジカル・フットプリントの予測結果は均衡係数で調整した結果である。表8に示すように、2010年の一人当たりのエコロジカル・フットプリントが0.96ghaに達し、2020年は0.99ghaに達する。土地利用タイプの割合から見ると、崇明島は変わらず化石エネルギー用地が中心となっている。

6.3. 一人当たりのキャリング・キャパシティー予測

各土地の均衡係数は「Living Planet Report 2008」で公開したデータを用いて、収量係数は2008年のデータを使った。上記のデータを用いて、2010年と2020年崇明島各生物生産性土地のキャリング・キャパシティーを計算することができる。

表9に示すように、2020年は2010年より一人当たりのキャリング・キャパシティーは0.14ghaが減らした。2020年の耕地は2010年より0.18ヘクタールを減少し、水域の一人当たりのキャリング・キャパシティーも減少した一方で、林地、建設用地と干潟湿地の一人当たりキャ

表 10：崇明島 2010 年と 2020 年における生態安全性予測

指標	2010 年	2020 年
生態足跡 (gha/cap)	0.956614	0.989139
生態承载力 (gha/cap)	1.168244	1.032331
生態盈余 (gha/cap)	0.211630	0.043192
生態圧力指数	0.82	0.96

リング・キャパシティーは少し増加している。

キャリング・キャパシティーの構成から見ると、耕地は 2010 年の 46.58% から 2020 年の 35.60% に減少する一方で、他の 4 つ土地利用のキャリング・キャパシティーが少しの増加傾向がある。

2010 年と 2020 年崇明島の生態系がそれぞれの黒字で、0.21gha と 0.04gha と表している。

6.4. 島嶼生態系の安全性予測

2010 年と 2020 年の生エコロジカル・フットプリントの圧力指数は 0.82 と 0.96 であり、0.8-1.0 の間で、2010 年と 2020 年の生態系の安全性が臨界状態にあることを示した。

6.5. まとめ

崇明島の一人当たりのエコロジカル・フットプリントは予測で上昇傾向がある。2010 年一人当たりのエコロジカル・フットプリントは 0.96gha に達し、2020 年の予測は 0.99gha に達する。電力消費総量が増加した原因で、化石エネルギー用土地も増えたため、総エコロジカル・フットプリントも上昇した (表 10)。

崇明島の一人当たりのキャリング・キャパシティーは予測で減少傾向がある。2010 年の一人当たりのキャリング・キャパシティーは 1.17gha、2020 年になると、1.03gha に達すると予測する。2020 年の一人当たりのキャリング・キャパシティーの減少の理由としては、2020 年の農地計画が 2010 年より 19,071gha を減少するため、耕地のキャリング・キャパシティーは 0.18gha を減少したことが要因である。

崇明島は 2001-2008 年から、2010-2020 年の予測値までのデータからみると、崇明島の生態系が黒字と表して

いるが 2020 年の生態黒字が低くて、0.04gha しかないので、2020 年以降、生態赤字になる可能性が高い。

7. 本論文の意義と課題

7.1. 意義

エコロジカル・フットプリント (EF: Ecological Footprint) は、人間活動により消費される資源量を分析・評価して、人間の生活や事業などがどれだけ自然環境に依存しているかについて、主に自然資源の消費量を土地面積で表すことにより、わかりやすく伝える指標である。フットプリントとは日本語では足跡と訳されている。地球を踏みつけた量とも解されている。この足跡の様子をなぞらえてさまざまなフットプリントが検討され、実用化されている。環境負荷とフットプリントの関係は、表 11 に見られるように類型化できる。原料の採掘から始まって使用、廃棄されるまでどこでどれだけ環境に足跡を残して来たか、つまり負荷を与えたかを計測する。あるシステム (国家など) が、その社会活動・生活を支えるために必要とする土地と水の面積を計測し、国家のみならず、対象は企業活動、製品単体まで適用例がある。

これらのフットプリントの情報を全体として低下させ、持続可能な社会の指標とするにあたっては、全体としてのエコロジー性を評価する方法論になると考えられる。しかし、このさまざまにある環境負荷情報を単一に統合することはやはりメリットとデメリットがあることは明らかである。このことは、人間中心主義か生態系中心主義かという思想性の問題とも絡み合い、結論は出にくいと思われる。エコロジカル・フットプリントのかなりの部分は、化石燃料の使用による CO₂ の排出が占められているとされる。エコロジカル・フットプリントが土地

表 11：環境負荷の種類

	一断面評価	ライフサイクル全体評価
直接的負荷量	環境基準項目 ウォーター・フットプリント	LCA、LCC、カーボン・フットプリント
仮想的負荷量	バーチャル・ウォーター	エコロジカル・フットプリント
見える化	CO ₂ 見える化システム 産業連関	環境フットプリント
環境・経済統合化	環境効率	ファクター X

面積などに着目しているのに対して、人間活動が炭素循環や地球温暖化に与える影響を把握するのに用いる指標がカーボン・フットプリント（CF：Carbon Footprint）である。人間活動をすべて土地利用量に置き換えることの妥当性も問われることになる。

このように、これら2つの思想性からくる方法論の違いを乗り越えて、共通的に横たわる課題に挑戦し、限界の概念を超えた、統合理念を見出し、エコロジー度測定システムを開発していかなければならない。このことは、エントロピーの概念を経済学に導入し、生産活動にともなうポジの生産と裏腹にネガのアウトプットに着目する生命系の経済システムを形成することにつながると考えられる。

7.2. 課題

本研究ノートは、これまで、断片的な情報しかなかった、崇明島について、「フットプリント」という視点で研究された、東華大学の庚水文氏の修士論文（指導教授、黄沈発氏）を紹介することを主たる目的にしている。崇明島は「生態島」と言われ、中国のみならず世界的に著名な島であるが、上海市の発展に伴い、地理的に極めて近郊であるため、その豊かな自然環境を持続的に保持することは必ずしも容易ではない。筆者らは、たびたび崇明島を訪れるたびにその変容に驚かされる。今後の崇明島の将来を見据えた場合、「フットプリント」という視点がますます重要になることは確信できる。本修士論文の翻訳・検討にあたり、東華大学の庚水文氏（現・上海環境科学院）および指導教授、黄沈発氏（上海環境科学院副院長）との翻訳許可折衝を行い、新たな国際共同研究の可能性を見出すことができた。その場合は、日本の琵琶湖研究との国際比較を通じて、「生態島」設計の指標としての「フットプリント」の開発を目指していきたい。

注)

1. 本研究では、持続可能な開発へ向けての崇明島の計画過程および生態系計画、水管理および低炭素社会の視野からの解明を行った。日本の先進事例と技術（琵琶湖）の経験が崇明島プロジェクトに有効であることを強調した。関連する意思決定者/政策担当者および関係者にとり、崇明島を「生態島」実現するための有益な方策を提案した。それに関する主な研究論文は以下のとおりである。

- (1) Ken'ichi Nakagami, Xiaochen Chen, Xuepeng Qian, Toshiyuki Shimizu, Jianhua Li, Ji Han, Jia Niu, Jun Nakajima. Achieving Sustainable Development of Chongming Island, China. 2015, Journal of Policy Science, Vol.9, pp.125-136
- (2) Jianhua Li and Jun Nakajima. Chapter 8 Current State of Water Management in Chongming Island. 2016, pp.111-127
- (3) Jianhua Li, Xiaochen Chen, Jia Niu, Xiaofeng Sun. Chapter 9 The Characteristics of Eutrophication and Its Correlation with Algae in Chongming Island' s Artificial River Network. pp.129-141
- (4) Ji Han and Xuepeng Qian. Chapter 10 Impacts of the Development on Land Use and the Water Environment. pp.143-155
- (5) Jun Nakajima and Toshiyuki Shimizu. Chapter 11 Proposal of a New Water Recycling System Featuring: Water Reclamation and Reuse. pp.157-171

論文 (2) ~ (5) は Part IV Practices in Chongming Island, China: Regional Management and Environmental Policy for Water Reclamation and Recycle, in "Sustainable Water Management: New Perspectives, Design, and Practices" edited by Ken'ichi Nakagami, Jumpei Kubota, and Budi I. Setiawan, 2016. Springer に収録されている。

2. 論文「崇明島のキャリング・キャパシティーに関する応用研究 - エコロジカル・フットプリントモデルに基づいて」の全体構成は次の通りである。

摘要（要旨）

Abstract

目録（目次）

- 1 绪论 (序論)
- 1.1 生态承载力的基本理论 (キャリング・キャパシティーの基本理論)
- 1.1.1 生态承载力的概念 (キャリング・キャパシティーの概念)
- 1.1.2 生态承载力的理论涵义 (キャリング・キャパシティーの理論意義)
- 1.1.3 生态承载力的研究方法 (キャリング・キャパシティーの研究手法)
- 1.1.4 生态足迹法分析 (エコロジカル・フットプリント研究手法の分析)
- 1.2 国内外研究进展 (エコロジカル・フットプリント研究手法の研究進捗)
- 1.2.1 国外研究进展 (海外における研究進捗)
- 1.2.2 国内研究进展 (中国における研究進捗)
- 1.2.3 上海地区研究进展 (上海地域の研究進捗)
- 1.2.4 研究发展趋势 (エコロジカル・フットプリント研究手法の進捗動向)
- 1.3 研究背景及意义 (本文の研究背景と研究意義)
- 1.3.1 研究背景 (本文の研究背景)
- 1.3.2 研究意义 (本文の研究意義)
- 1.4 研究内容和技术路线 (本文の研究内容と技術プロセス)
- 1.4.1 研究内容 (本文の研究内容)
- 1.4.2 技术路线 (本文の技術プロセス)
- 1.5 本论文的研究特色 (本文の研究特性)
- 2 研究区域概况 (研究对象とする地域の概観)
- 2.1 崇明岛自然条件概况 (崇明島の自然状況の概観)
- 2.1.1 地理环境 (地理と環境)
- 2.1.2 地质地貌 (地質と地形)
- 2.1.3 土壤植被 (土壌と植生)
- 2.1.4 气象气候 (気象と気候)
- 2.1.5 水文状况 (水文条件)
- 2.1.6 自然资源 (自然資源)
- 2.2 社会经济条件概况 (社会経済状況の概要)
- 2.2.1 行政区划 (行政区画)
- 2.2.2 人口概况 (人口概要)
- 2.2.3 经济概况 (経済状況)
- 2.2.4 岛屿土地资源特点 (崇明島の土地資源特徴)
- 2.3 崇明岛生态环境现状 (崇明島の生態環境の現状)
- 2.3.1 水环境现状 (水環境の現状)
- 2.3.2 环境空气质量现状 (空気環境質量状況)
- 2.4 岛屿生态系统主要类型 (島嶼生態系の主要種類)
- 2.4.1 森林生态系统 (森林生態系)
- 2.4.2 农田生态系统 (農地生態系)
- 2.4.3 水域生态系统 (水域生態系)
- 2.4.4 滩涂湿地生态系统 (干潟湿地生態系)
- 2.4.5 城市生态系统 (都市生態系)
- 3 生态足迹的理论与应用方法 (エコロジカル・フットプリントの理論と使用方法)
- 3.1 生态足迹的基本理论 (エコロジカル・フットプリントの基本理論)
- 3.1.1 生态足迹的概念与内涵 (エコロジカル・フットプリントの概念と意義)
- 3.1.2 生态足迹的相关定义解释 (エコロジカル・フットプリントに関連する定義の説明)
- 3.2 崇明岛域生态足迹计算模型开发 (崇明島エコロジカル・フットプリントの計算モデルの開発)
- 3.2.1 基本假设 (基本的な仮定)
- 3.2.2 消费项目的具体划分 (消費種類の具体的な区分)
- 3.2.3 生态足迹的计算方法 (エコロジカル・フットプリントの計算方法)
- 3.2.4 生态承载力的计算方法 (キャリング・キャパシティーの計算方法)
- 3.2.5 生态系统安全的评价方法 (生態システム安全性の評価方法)
- 3.3 崇明岛域产量因子的动态研究 (崇明島収量係数の動態研究)
- 3.3.1 数据来源 (データソース)
- 3.3.2 计算方法 (計算方法)
- 3.3.3 项目资料 (プログレス資料)
- 3.3.4 计算结果 (計算結果)
- 3.4 崇明岛屿生态足迹计算 (崇明島エコロジカル・フットプリントの計算)
- 3.4.1 本文数据的几点说明 (本文データの説明)
- 3.4.2 2008 年崇明岛生态足迹计算 (2008 年崇明島エコロジカル・フットプリントの計算)
- 3.5 崇明岛屿生态承载力计算 (崇明島キャリング・キャパシティーの計算)
- 3.6 崇明岛屿生态足迹汇总与分析 (崇明島エコロジカル・フットプリントの計算)
- 4 崇明岛屿生态足迹动态变化分析 (崇明島のエコロジカル・フットプリント動態変化分析)
- 4.1 历年生态足迹动态变化特征分析 (例年のエコロジカル・フットプリント変動分析)
- 4.1.1 生态足迹总量动态变化分析 (総エコロジカル・フットプリントの動態変化分析)
- 4.1.2 生态足迹总量结构动态分析 (総エコロジカル・フットプリントの構成動態分析)
- 4.2 人均生态足迹与承载力变化特征分析 (一人当たりのエコロジカル・フットプリントと容量変化解析)
- 4.2.1 人均生态足迹与生态承载力变化趋势分析 (一人当たりのエコロジカル・フットプリントとキャリング・キャパシティーの変化分析)
- 4.2.2 生态盈余分析 (生態黒字分析)
- 4.3 万余 GDP 生态足迹变化趋势分析 (万元 GDP エコロジカル・フットプリントの変化分析)
- 4.4 崇明岛屿生态系统安全趋势分析 (崇明島生態系の安全動向分析)

- 5 崇明島生態承载力预测分析（崇明島キャリング・キャパシティーの予測と分析）
- 5.1 崇明島规划（崇明島計画）
- 5.1.1 土地利用规划（土地利用計画）
- 5.1.2 能源规划（エネルギー計画）
- 5.1.3 人口预测（人口予測）
- 5.2 人均生态足迹预测（一人当たりのエコロジカル・フットプリント予測）
- 5.3 人均生态承载力预测（一人当たりのキャリング・キャパシティー予測）
- 5.4 島嶼生态系统安全预测（島嶼生態系の安全性予測）
- 5.5 小结（まとめ）
- 6 研究结论，建议与展望（研究結論、提案と展望）
- 6.1 研究结论（研究結論）
- 6.2 建议（提案）
- 6.2.1 合理控制人口，减缓资源环境压力（人口の合理的な制御、資源や環境への圧力を軽減）
- 6.2.2 合理规划土地，适度发展经济建设（土地の合理的な計画、適切な経済発展）
- 6.2.3 控制围垦面积，保护湿地资源（埋立面積を制御、湿地資源を保護）
- 6.2.4 调整产业结构，促进经济健康发展（産業構造を調整、経済の健全な発展を促進）
- 6.2.5 借鉴其它島嶼的经验，提升崇明島新形象（他の島々の経験を学ぶ、崇明島の新しいイメージを高める）
- 6.3 展望（展望）
- 参考文献（参考文献）
- 附录（付録）
- 1 MATLAB 编写程序（MATLAB プログラム）
- 2 论文中的生物资源数据附表（生物資源データの表）
- 3 攻读学位期间的研究成果目录（研究実績リスト）
- 致谢（謝辞）

参考文献

- (1) 陈敏、张丽君、王如松。1978年～2003年中国生态足迹动态分析[J]。资源科学、2005, 27 (6):132-138/Chen Min, Zhang Lijun, Wang Rusong, Huai Baoguang. Dynamics of Ecological footprint of China from 1978 to 2003 [J]. Environment Science, 2005, 27(6):132-138. (Chinese)
- (2) 罗璐琴、周敬轩、李湘梅。生态足迹动态预测模型构建与分析-以武汉市为例[J]。长江流域资源与环境、2008, 17 (3):440-445/Luo Luqin, Zhou Jingxuan, Li Xiangmei. Construction and analysis of ecological footprint dynamic prediction model- A case study of Wuhan [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(3):440-445. (Chinese)
- (3) Medved S. Present and future ecological footprint of Slovenia-the influence of energy demand scenarios [J]. Ecological Modelling, 2006, 192:25-36
- (4) Vuuren DPV, Bouwman L F. Exploring past and future changes in the ecological footprint for world regions [J]. Ecological Economics, 2005, 52:43-62
- (5) 元相虎、李华、陈彬。基于生态足迹模型中国可持续发展动态分析[J]。中国人口资源与环境、2005, 15 (3):83-86/Yuan Xianghu, Li Hua, Chen Bin. Dynamic analysis of sustainable development in China based on the ecological footprint [J]. China Population, Resources and Environment, 2005, 15 (3):83-86. (Chinese)
- (6) 曾勇、沈根祥、黄沈发、等。上海城市生态系统健康评价[J]。长江流域资源与环境、2005, 14 (2):208-212/Zeng Yong, Shen Genxiang, Huang Shenfa, Wang Min. Assessment of urban ecosystem health in Shanghai [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(2):208-212. (Chinese)
- (7) 赵常青、茅志昌、虞志英、等。长江口崇明东滩冲淤演变分析[J]。海洋湖沼通报、2008, (3):27-34/Zhao Changqing, Mao Zhichang, YU Zhiying, Xu Haigen, Li Jiufa. The analysis of the eastern Chongming tidal flat's evolution in the Yangtze River estuary [J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2008, (3):27-34. (Chinese)

