

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656326

研究課題名（和文） 水資源消費に起因する環境負荷の影響評価への国や地域による相違の組み込みの新提案

研究課題名（英文） New proposal of inclusion of difference among countries or regions into evaluation of environmental loading arising from use of water resource

研究代表者

花木 啓祐 (HANAKI Keisuke)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：00134015

研究成果の概要（和文）：水資源状況が異なる 3 ヶ国の地域を対象に研究を行った。中国北京では、水利用、上流の水資源保全、水質汚濁防止に対する市民の支払い意志額を様々な方法で推定した。バングラデシュ・ダッカにおいては、水不足、経済的貢献、水質汚濁、水不足による損失、使用時の水のロスに対する水利用セクターの寄与度についての住民の受け止め方を調べ解析した。タイ・ハジャイにおいては気候変動下における将来の洪水被害を推定した。

研究成果の概要（英文）：Studies were conducted in three country where circumstances of water resources is different. Willingness to pay was evaluated in various methods for water use, preservation of upstream water resource and water pollution control in Beijing, China. Perception of residents about contribution of water use sector to water shortage, earning money, pollution, damage due to water shortage and water loss was surveyed and analyzed in Dhaka, Bangladesh. Damage of future flood under climate change was estimated in Hat Yai, Thailand.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：水資源、環境負荷、北京、バングラデシュ、タイ、気候変動

1. 研究開始当初の背景

水資源消費の環境への影響はその地域の水資源の状態に依存する。しかし、従来の LCA などの環境負荷指標では水資源の消費が環境負荷として表現できていないか、Water footprint のような形でなされていても地域性が反映されていない。

2. 研究の目的

各地域の水資源が置かれている逼迫度などの状態を反映して水資源利用の環境負荷を表現する指標を新たに提案する。この指標は LCA と整合がある指標であることが求め

られるため、指標についての理論的な解析を行う一方で、水資源の状態が異なるアジアの各地において水資源の利用とそれによってもたらされる環境影響の間の関係を定量的に表し、適切な指標を提示することを目的とする。

3. 研究の方法

(1)対象地域の選定と研究の焦点

水資源に関する状況の異なる 3 つの地域を対象にして検討を行った。すなわち、①中国北部、②バングラデシュ、③タイ南部である。これらはいずれも人口の集中と産業の発

展が人口増加をもたらし、それが水資源の面で圧力を与えている地域である。しかし、①は低降水量地域、②は干ばつと洪水の両者が生じる地域、③は森林の喪失によって陸域の保水機能が劣化して洪水が生じやすい地域という違いがある。

当初の研究計画では LCA の枠組みの中に水資源の消費を組み込む予定であったが、二酸化炭素や資源の消費と異なり、地域によって問題となる環境事項が大きく異なることから、LCA の枠組みに一般化した数値として組み込む以前にそれぞれの地域の社会と水資源消費、あるいは逆に洪水のインパクトの関係を明らかにすることを主眼とした。

①については、大都市である北京における水消費がもたらす、上流の水資源への影響、下流の水質汚濁の影響と、水利用がもたらす便益についての評価に焦点を置いた。②については、水質汚濁によって実際に利用可能な水利用が減少している状況に対する、水利用のステイクホルダー間の意識の相違に焦点を絞った。③については、水資源の枯渇というよりは気候変動下の洪水のインパクトが重要課題であるとの認識に基づき、洪水とそれによって生じる被害との関連に焦点を絞った。

(2) 中国華北部の水資源消費に対する経済的な価値と損害の評価

北京市の住民に対して面談調査とインターネット調査の両方の方法による社会調査を行った。①水道水を利用することに対する支払い意志額、②上流の水資源に対して負荷を与えていることの損害を防ぐための支払い意志額、③下流の水質汚濁防止のための支払い意志額、を仮想評価法(CVM)によって問うた。水にかかわるこれら3つの価値、あるいは損害に対して、支払い意志額を個別に求める場合、さまざまなバイアスが生じる可能性がある。複数の調査方法を検討し、被験者に対してはこれらの3つの状況について説明によって理解をせしめた後、にそれを実行し比較した。

(3) バングラデシュの水資源利用におけるステイクホルダーの意識

バングラデシュ・ダッカ市では増加する都市人口と産業の発展によって水需要が急速に増加する一方で、生活および産業系の排水由来の水質汚濁によって利用可能な水資源が減少しており、これに伝統的に水を用いてきた農業の存在が問題を更に複雑化している。

50人の都市居住者と50人の非都市居住者を選び、5つの水利用セクター(都市居住者、非都市居住者、商業施設、製造業、農業)に関して、水不足、経済的貢献、水質汚濁、水

不足による損失、使用時の水のロス、に対して、自らも含めてどのセクターの寄与が大きいかを問うインタビューを実施した。質問はペアワイズで二つのセクターを比較し、どちらが原因となっているかを7段階で答えるものである。

また、水に対する態度を絶対評価として問う質問も同時に行った。

どのセクターがどの事項に対して寄与が大きいと考えているかという回答に基づき、回答者100名をクラスターに分け、解析を行った。

(4) タイ南部における気候変動下における洪水と被害

対象地域はタイ国南部ハジャイ市を含む U-Taphao 流域である(図1)。この流域の特徴はゴムのプランテーションが上流部(図では下部)に存在していることである。

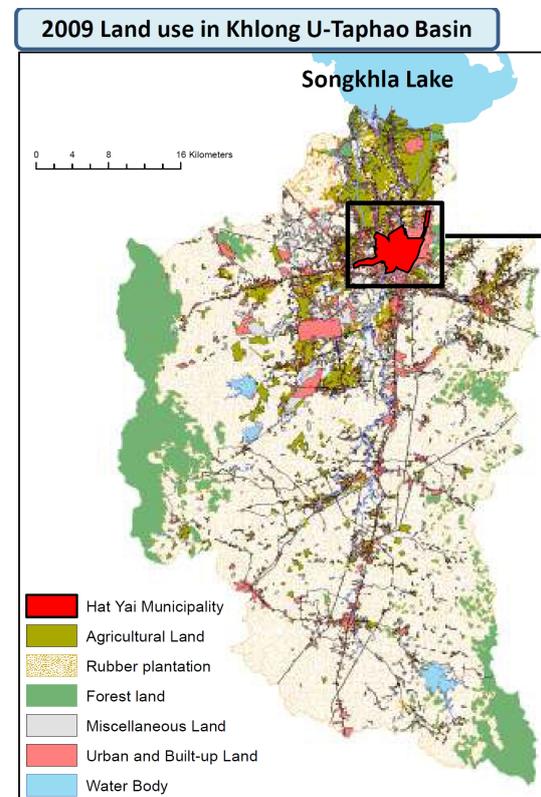


図1. タイ・ハジャイの対象地域

a)気候変動の影響を評価する大循環モデル(GCM)、b)統計的ダウンスケール解析、c)水文流出モデル、d)被害算定モデル、をリンクすることによって、将来の洪水による被害の予測を行った。

a)の GCM については、公開されている CGCM3 および HadCM3 の計算結果(2059年まで)を用いた。

b)については、現地の5カ所の観測ステーションの降雨実測データと NCEP の客観解

析データ（1981-2000年）の21のパラメータの間の統計的な相関を求め、それに対してGCMの将来値を適用して、将来の局所的な降水量を求めた。

c)については、対象地域に対してパラメータを設定したモデルInfoWorks RSを用いた。

d)に関しては、異なった住居形態の住民に対して、2010年に生じた洪水による被害と浸水高さに関して聞き取り調査を行い、両者の間の関係を求めた。

4. 研究成果

(1) 中国華北部の水資源消費に対する経済的な価値と損害の評価

3つの方法で支払い意志額を尋ねた。第一は、これら3つの価値の総額を自由回答で答え、次いでその中で3つの内訳を問う方法である（配分モード）。第二は、被験者をグループに分け、これらの3つの価値の1つだけ、あるいは2つ、更には3つに対する支払い意志額を問う方法である（上乘せモード）。更に、さまざまな順序で3つの価値を順々に尋ねる方法もとった（構成モード）。被験者は合計で2,200名であった。

配分モードの場合、一ヶ月一世帯あたりの支払い意志額は、水利用33.6元、水資源14.0元、水質汚濁13.9元であった。なお、水資源の価値14元は約180円、年間で2,160円に相当する。

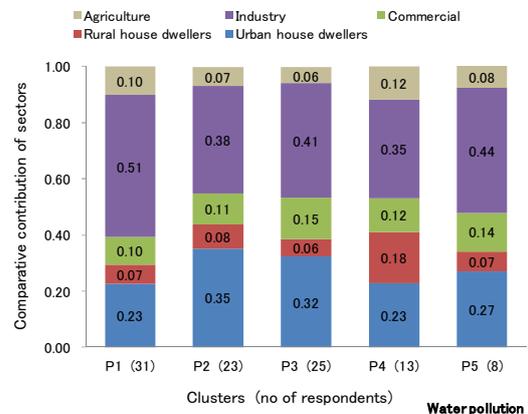
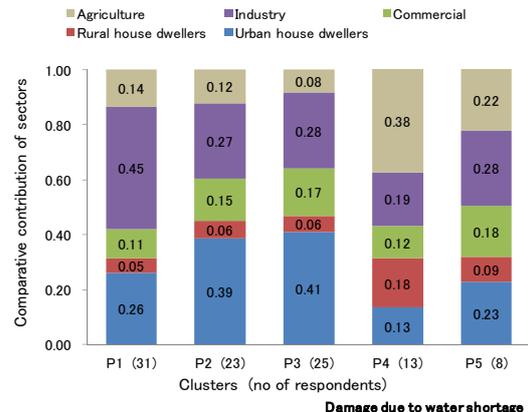
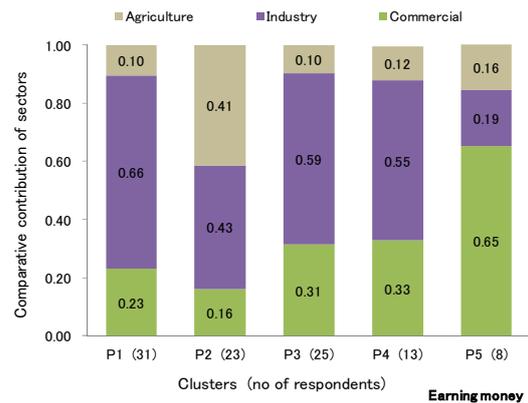
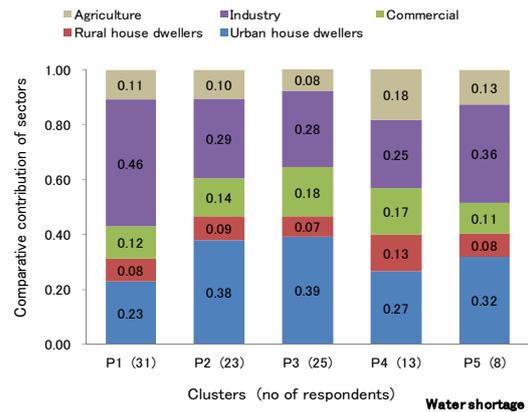
次に上乘せモードの場合、一ヶ月一世帯あたり水利用のみへの支払い意志額が45.7元であるのに対し、水利用+水質汚濁が44.9元、水利用+水質汚濁+水資源が52.3元となり、二つ目以降の項目に対する支払い意志額が大きく低下し、包含バイアスが生じていたものと推定される。

最後に構成モードでは、尋ねる順序にあまり関係なく、一ヶ月一世帯あたり水利用41.8-48.3元、水資源44.4-53.7元、水質汚濁46.1-55.2元であった。

これらの結果からはどの質問方式が妥当かという結論を導くのは困難ではあるが、水利用という自らの利便性に対する支払い意志額だけではなく、下流域の水質汚濁や上流域の水資源という他者への影響に対する関心もある程度は高まってきていることがわかった。

(3) バングラデシュの水資源利用におけるステイクホルダーの意識

それぞれのステイクホルダーの寄与の重要度に関して得られた回答に基づいて、都市部および非都市部の居住者各50名、合計100名の回答者を5つのクラスターに分類した。



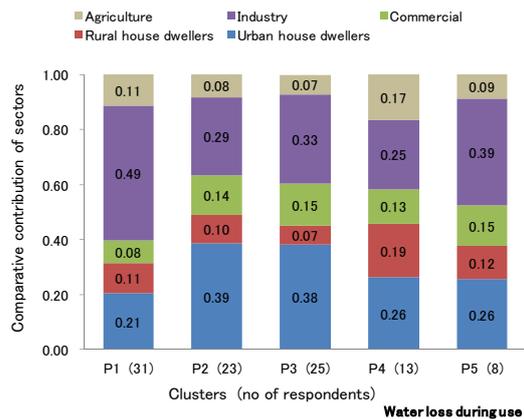


図2. バングラデシュ・ダッカにおける住民の意識調査結果

図2に各クラスターごとの意識の相違を示す。図2は5枚の図からなっており、それぞれ水不足、経済的貢献、水質汚濁、水不足による損失、使用時の水のロスに対してどのセクターの寄与が大きいと考えているかという回答を示しており、それぞれの図中ではP1~P5という5つのクラスター別の回答を示している。

いくつかのクラスター(P2, P3)では、住民は自らのセクターが水不足、水質汚濁と水のロスに大きく寄与していると考えている。また別のクラスター(P1)では、製造業の寄与が大きいと同時に製造業の経済的貢献も大きく、また水不足による損失も大きいと回答している。

5つのクラスターに属する人びとの属性を示すと表1のようになる。P4とP5は比較的非都市部人口の比率が高くなっている。

表1. 各クラスターの属性

番号	人数	非都市部人口比率 (%)	女性比率 (%)	年齢階級*	所得階級**
P1	31	45.2	26	1.6	2.9
P2	23	43.5	9	1.8	3.6
P3	25	44.0	20	1.9	3.4
P4	13	69.2	31	2.8	4.1
P5	8	75.0	0	2.0	1.9

*年齢：1(21-30), 2(31-40), 3(41-50)

**所得(千タカ)：1(1-5), 2(5-10), 3(10-15), 4(15-20), 5(20-30)

この設問と同時に水に関する考え方を問うており、その回答に基づいた因子分析も行った。

本研究の結果、一見均質に見られる住民の間にも、水に関する各セクターの寄与に関して様々な異なる受け止め方が存在していることがわかった。これらを政策決定や合意形成の際に考慮する必要がある。

(4) タイ南部における気候変動下における洪水と被害

① 将来の降水予測

解析に用いた二つのGCMは将来の当該地域の降水量の予測に関して異なる予測を与えている。

ダウンスケーリングした結果に基づき、対象流域内の5カ所の3日間の降雨強度の再起確率年の将来変化を求めたところ表2のようになる。現状で20年に一度程度生じる強い降雨が、CGCM3によれば2040-2059年には7年に一度生じるようになる。一方HadCM3では生起確率は減少する。いずれのGCMが妥当であるかは判断できない。

表2. 3日間降雨の再起確率年予測

	CGCM3	HadCM3
1981-2000年	20年	20年
2000-2019年	21年	27年
2020-2039年	15年	30年
2040-2059年	7年	40年

② 将来のハジヤイ市の浸水予測

ハジヤイ市内の標高データに基づき、洪水時の浸水深さを予測した例が図3である。この例では、将来の洪水が深刻になるCGCM3を用いた結果に基づいており、その場合には浸水域が現在より拡大することが予測される。

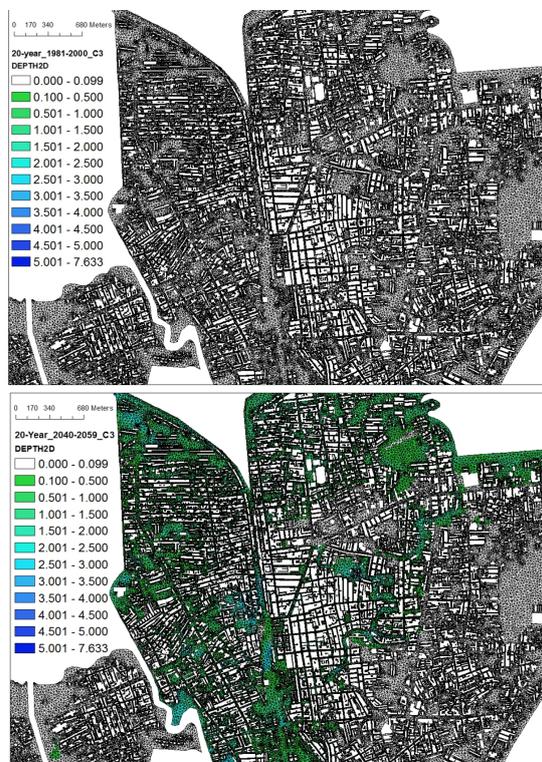


図3. CGCM3に基づくハジヤイ市内の浸水予測(上段は現在、下段は2040-2059年において20年に一度の降雨が生じた場合)

③浸水と被害の関係

2010年の洪水時の被害に関する聞き取り調査から被害金額と浸水深さの関係を求めた。一戸建て家屋に生じた構造的な被害金額について例示すると図4のようになり、データのばらつきは存在するものの、浸水深さとの関係が存在することが示された。

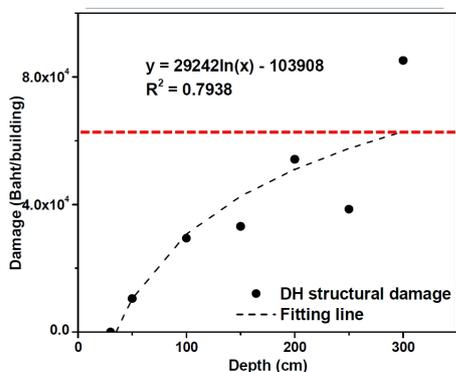


図4. 2010年の洪水における家屋の損害金額と浸水深さの関係(戸建て住宅の構造被害)

これらの浸水深さと被害額の間を建物の構造被害と建物内の家具などの物品の被害に対して求めた。この結果をハジヤイ市内の建物分布と浸水深さの試算に適用することによって、将来の洪水がもたらす被害額を推定でき、また上流部の流出抑制による被害

額低減効果を評価することができる。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計3件)

1. Allan S. Tabucanon, Kiyo H. Kurisu and Keisuke Hanaki (2012): Impact of climate change on flood characteristics in Hat Yai municipality, Thailand, Water and Environment Technology Conference 2012 (WET2012), 29-1B-16.
2. Allan S. Tabucanon, Kiyo H. Kurisu and Keisuke Hanaki (2012): Flood management under climate change condition in Hat Yai Municipality, Thailand, IWA World Water Congress & Exhibition, .
3. Kazi Akter, Kiyo H. Kurisu and Keisuke Hanaki (2012): Analysis on water balance and water-use conflicts in Dhaka district, Bangladesh, IWA World Water Congress & Exhibition.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

花木 啓祐 (HANAKI Keisuke)

東京大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：00134015