

ガンジス河の 持続的水資源利用に向けて

～インド・バラナシ市における
沐浴とガンジスカワイルカの
「共生」～

慶応義塾大学 経済学部
大沼あゆみ研究会
高丸 大樹

いつか
できることは
すべて
今日でもできる

～ミシェル・ド・モンテーニュ

目次

序章	p4
概要	p5
第1章 ガンジス河について	p6
1-1 ガンジス河について	p6
1-2 国際河川としてのガンジス河	p9
1-3 インドにおけるガンジス河の汚染の現状	p11
第2章 カワイルカについて	p19
2-1 「生きている化石」	p19
2-2 現在生息している4種のカワイルカと絶滅したヨウスコウカワイルカ	p19
第3章 ガンジス河水質汚染に対する現状の対策	p23
3-1 インド政府と日本政府;JICA、JBIC による協力	p23
3-2 バラナシ市における実態	p25
第4章 モデル分析	p29
4-1 モデル分析	p29
4-2 ガンジスカワイルカの保全にむけて	p36
終章 結論	p38
参考文献	

序章

アジア諸国の自然環境が猛烈なスピードで崩壊している。

インドや中国の巨大国を始めとしたアジア諸国の近年の急速な経済発展は、生活面の向上や社会インフラの発達など種々の恩恵＝「光」の面と、それに伴い発生する環境破壊や貧富の格差など＝「闇」の面をもたらしている。

私は常々この「光」と「闇」の部分をつかみ見たい、また未知の環境に我が身を置いて無我夢中にもがいてみたい、という強い思いから、大学を休学し、アジア 6 カ国を 250 日間歩き回ってきた。

そうして様々な環境に触れてのち、胸中に在る想いの一つが冒頭の一文である。

とりわけ BRICs である中国、そしてインドの環境破壊はすさまじい勢いで進行していると肌で感じた。帰国後、文献を手にとってみても、まさしくデータなどによってその惨状が記されていた。のちに詳しく述べるが、中国・揚子江に生存していたヨウスコウカワイルカが、世界最大のダム・三峡ダム建設などの著しい環境破壊により、昨年 2006 年に哺乳動物・クジラ目の有史以来初となる絶滅に至らしめられた事実などがそうである。

ここで私はカワイルカに強い関心を抱き、その絶滅に危機意識を持った。そして調べていくうちに、世界にカワイルカは 4 種しか生息しておらず、その全ての種が全クジラ目の中で最も絶滅に瀕しており、ワシントン条約において最も絶滅のおそれの高い付属書 I に指定され、その保護が火急の課題であることが分かった。

そして近年の研究においてカワイルカのなかでインドのガンジス河に生息するガンジスカワイルカだけが別の仲間であり、約 3000 年前の原始クジラの流れを汲む「生きた化石」であることが 2001 年に判明し、カワイルカの中でも非常に貴重な種であることが新たに分かった。さらにガンジスカワイルカの生息するガンジス河は近年の急激な人口増加による生活排水や急速な工業化などによる工業排水によって深刻な水質汚染が進行しており、ガンジスカワイルカの頭数が激減している現状があることも判明した。

またガンジス河の水質汚染により、人々の生命すら脅かされている現状も浮き彫りになり、インドにおいて約 4 億人の人々がその恩恵に預かっているガンジス河の水質改善は、生態系の保護もさることながら、急激かつ大幅な環境破壊の進むインドで、人間と自然との共存の架け橋、シンボルとなる可能性が秘められていると私は強く感じた。

本論ではこの稀少価値の高いガンジスカワイルカを保護し人々の健康被害を軽減していくことを目標に、モデルを用いて、現行の対策に加えガンジスカワイルカを観光資源とした観光形態を取り入れながらガンジス河の水質改善を行う術を論証していき、解決策を模索していく。

概要

本論を綴るにおいて私の問題意識にあったのは序章でも述べたように「途上国の急速な経済発展」、そこから生み出される「急激かつ大規模な環境ダメージ」である。その上でまず私は現在建設中の世界最大のダムである中国湖北省・長江にある三峡ダムに着目し、その環境被害を調べた。上記の二つの問題意識の象徴となるような事例だったからだ。中国の急速な経済発展を支えるため、洪水の阻止、水力発電、船舶の往来などを目的に、地形そのものを大規模に変え、環境に多大な負荷をかけ、数百万人という人々を移住させた。その結果、明白な因果関係は判明していないにせよ、ヨウスコウカワイルカが 2006 年に絶滅した。有史以来、哺乳動物・クジラ目で初となる絶滅であった。

ここで私はカワイルカの存在を知り、とても大きな関心を持ち、その他のカワイルカの絶滅を危惧したのは序章で述べた通りだ。そのためには、彼らが生息する河の水質保全を行わなければならない。

下記に本論の全体の概要を示す。

第一章ではガンジス河の地理的な側面、文化的な側面を述べていきながら、ガンジス河の深刻な汚染の現状を述べていく。

第二章では、カワイルカについて、絶滅を余儀なくされたヨウスコウカワイルカ、そして本論で扱うガンジスカワイルカを主に扱いながら、カワイルカの貴重さ、私が関心を持った理由、絶滅を非常に危惧されていることなどを述べる。

第三章では、インド政府と日本国政府（国際協力機構＝JICA、国際協力銀行＝JBIC など）の協力のもと行われている、ガンジス河の水質汚染改善のために現状で努力されていることを述べる。

第四章ではモデルを使った分析により、現状分析を行ったあと、ガンジス河の持続的水資源利用に向けて私が考える解決策を論証していく。

第1章 ガンジス河について

ガンジス河の汚染は深刻さを増す一方である。

その汚染の影響は甚大であり、流域に生息する植物、動物を始め、穀物の生産減に関与していたり、人間の生命さえも脅かしていたりしている。たとえば日常的沐浴者(沐浴の詳細については後述)のうち、実に45～50%の人々が皮膚病などの疾患に罹っている、というデータもあるほどだ。

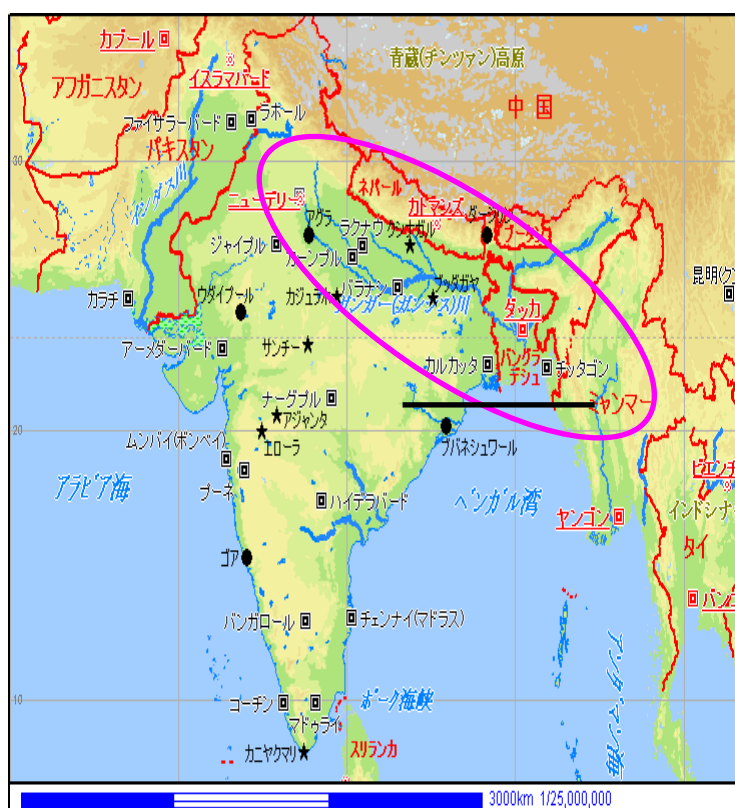
この章ではまずガンジス河全体についての概要を述べていき、その様々な特徴を明らかにしていく。そして主に、独立行政法人 国際協力機構(JICA)による『インド国 ガンジス河汚染対策流域管理計画調査 2005 年』の調査資料などに基づきながら本論のモデル分析で扱う都市・バラナシに徐々に焦点を当てていき、ガンジス河の甚大な水質汚染の実情を示していく。そして第3章の、現状の対策につなげていきたい。

< 1-1 ガンジス河について >

ガンジス河は全長 2506km・流域面積が 840000km²の非常に大きな大河であり、五カ国にまたがる国際河川である。

その五カ国とは<中国>、<ネパール>、<バングラデシュ>、<ブータン>、そして<インド>であり、うち 80%以上の流域面積がインドに存在している。

一般的に考えて、国際河川の場合、水質利用の面において上流国の力が強く、下流国の力が弱い(水源が上流にあるため、水利用において水をダムによってせき止めプールしておくなど、交渉のテーブルにおいて格段な優位性を保持するため)。しかしこのガンジス河においては事情が異なるようだ。この内容については後述する。



<図 1－1 ガンジス河（ピンクで囲んである部分がガンジス河本流に位置する部分）>

ガンジス河は、インド最大の河川であり、その流域面積は国土のおよそ 25%を占める。ガンジス河は、上下水道、灌漑に利用されると共に、ヒンドゥー教徒にとってみれば聖なる河であり、沐浴¹者数は全流域において年間数百万人にも及ぶ。流域にはおよそ 4 億人(全人口の 40%)が住み、経済・文化・生物多様性などの面において広く貢献している河である。ガンジス河が生み出す流域平原はインドの陸地の 3 分の 1 に及んでおり、12 人に 1 人が漁業や農業で河の水に依存している。さらにガンジス河の水の 40%はヒマラヤ山脈の氷河から来ており、温暖化が続けば、その氷河は後退していくだろうとされている²。（<図 1－2>参照）

ガンジス河や主要な 3 支流（ヤムナ、ゴムディ、ダモダル）の水は生活用水として利用されており、生活排水、工場排水等による住民への衛生環境上の影響が重大であるにも関わらず、水質汚染は極めて深刻な状態になっている。のちに詳しく述べるが、水質汚染原因となるこれらの生活排水、工場排水のうち、実に約 80%が生活排水である。背景には 1980 年代からの急速な経済発展に伴う、急激かつ大幅な人口増加がある。工場排

¹ 河に身を浸し心身を清め、穢れを取り去る行為。後に補足説明をする

² WWF ジャパンより

水の場合、包括的な対応、管理、規制などが生活排水に比べ比較的容易であるが、こと生活排水となると、各々の生活スタイルが大きく関わってくるため、十分なシステム構築(法律など含む)や莫大な監視コストなどが介入してくることは不可避であり、その規制には非常に大きな困難が立ちはだかる。そのため、抜本的な改革のためには、どうしても個々人の意識の革新に頼らざる負えない部分が大きくなり、対策を見つけ出すことは容易ではない。しかしインドではこの生活排水の抑制なしではガンジス河の水質汚染は防ぐべくもない。私は本論において、インド民衆が自発的に汚染物質発生を抑制するような(つまりは生活排水排出を抑え、汚染自体を軽減できるような)インセンティブを生み出す仕掛けを講じることに取り組んでいきたい、と考えている。



<図 1－2 ガンジス河の源・ガンゴートリー氷河の縮小度合い>

1780 年から 2001 年までの衛星から撮られた写真を合成したもの。各年において氷河面積が色の違うマーカーによって区切られており、縮小化の一途をたどっていることが分かる。

～温暖化の影響を伺いしることができ、ガンジス河の水量の安定的供給に疑問が生じる～

出典 NASA HP

<http://www.gsfc.nasa.gov/gsfc/earth/pictures/20020530glaciers/gangotri.jpg>

付け加えるとヒマラヤ山脈の氷河の融解によって、洪水、斜面の不安定化による岩雪崩の増加、今後 20～30 年間にわたる水資源への影響が予測されている³。またガンジス河は「水

³AR4 SPM(IPCC)

が無くなっている世界上位 10 の河川」に入っており、順位も第五位と高い位置を占めている。他の河の具体例を出すと、第一位＝サルウィン河(中国)・第二位＝ダニューブ河(中央ヨーロッパ)・第三位＝ラプラタ河(南アメリカ)、となっている⁴。第三位のラプラタ河にもカワイルカは生息している。

＜ 1－2 国際河川としてのガンジス河＞

ガンジス河は五カ国にまたがった国際河川であることはすでに述べた。国際河川は複数国にまたがっているため、その利用方法や利用量などの水配分や管理を巡って各国間で様々な争いや紛争、問題を生み出す。地球全体を俯瞰してみると、昨今では「水戦争」なる呼び名がつくように、水資源を巡っての国家戦略は多岐に渡っており、その争いもだんだんと熾烈さを増している。なぜならば、地球上で人間が利用できる淡水資源は全水資源のわずかおよそ 0.01%ほどであるし、さらにその水資源は偏在し、アクセスすることすら困難な地域を持つ国家が存在するからである。

ではガンジス河は国際河川としてどのような様相を保持しているのか。

通常国際河川の諸問題の特徴として、上流国が下流国に優位性を持つ。その上でエコ・ポリティカルな紛争の根源となっており、世界で最も問題の多い地域である。なぜ上流国が優位性を持つかという、上流では上流国が自国の欲する量だけ取水が可能となり、またダムや堰の建設により乾季のために向けた貯水が可能となり、その他(船舶の交通など)も含め流国に比べ格段に水資源コントロールを行いやすいからである。言い換えれば下流国のことを考慮しない水資源コントロールを行えば、国家間の水資源配分に破綻を来し、一方は潤沢な水資源を持ちながら、他方は乏しい水資源しか得ることできず、渇水の事態まで起こってしまうからである。

しかしガンジス河では一部で様相が異なっている。つまり上流国であるネパールは下流国であるインドに対し、上述のような優位性をほとんど保持していない。ここに国際河川としてのガンジス河の最大の特徴があると筆者は考える。その最大の理由はインドの国力、経済力が近隣諸国(ネパールなど)に対し著しく大きく、その差の開きが激しいからである。つまり交渉のテーブルにおいて、格段に強い発言力を持つことになり、インド主導の河川開発、水配分に向かう現状が存在している。インドが上流に位置する場合はなおさらである。それではここでは具体例として上流国：ネパール、下流国：インドを挙げてガンジス河の国際河川としての特徴に関してみていきたい。

1－2－1 マハカリ川におけるネパールとインドの「水戦争」

インドとネパールでGDP(国内総生産)が前者は約 8260 億米ドル、後者が約 80 億ドルであ

⁴WWF

り、その差は 100 倍以上に開いており、経済力の差は歴然である。またネパールは主要貿易相手国の輸出入ともにインドがトップであり、その依存度は高い⁵。さらにインドの広大な面積には相当量の資源、また人的資本も豊富であるのに対し、ネパールは山岳国家であり資源も乏しく、教育レベルも低く、社会インフラの整備も困難であるのが現状だ。「ネパールの経済発展＝インド化」と謳われるほどである。資源の乏しいネパールの世界に誇る資源といえば、水資源ということになる。なぜならば世界有数の山々と抱く国であるネパールは、世界中で水不足の問題が深刻になることが予想される今世紀、逆に地球温暖化によって水量が増え洪水などが起こるのではないかとされており、特に大きな産業や輸出するものも少ないネパールでは、水資源は大きな武器となる可能性がある。

しかしこの水資源を巡り、隣国の大国インドとの紛争が存在する。そしてほとんどの場合、国力・経済力の圧倒的な差において、上流国であるネパールは不利益を被っており、下流国であるインドは多大な権益を得ている。以下に具体的な内容を述べる。

ネパールとインドの水資源に関する協力は、20 世紀初めに(1920 年)覚書交換によって土地を一部交換して出来上がった国境のマハカリ川のバンバサ堰の建設であり、この結果、ネパールは毎秒 4.25 m³～28.3 m³の水を受ける権利を得たにすぎなかったのに対し、インドは毎秒 396 m³の水が引かれることになった。さらにインドとネパールの国境近くにマハリ、シスワ、ビジャなどの貯水池を作るための小さな堰がいくつか作られ、この建設によってネパールのカピルバルツ地方の土地が水没することとなった。1985 年頃再び、ネパールとインド国境近くにインド側の灌漑用に堰が建設され、ダンダ川の流出口をせき止めた。これによりネパールのパクリハワ地域の土地が水没した。コシ堰は、チャトラ溪谷の最適地を無視し、国境のネパール側に建設されたため、逆転された水のほとんどがインド側で利用されることとなった。

まだある。

ガンダキ川の場合を考察すると、堰がよりネパール側の上流に作られていれば、ネパールにおける灌漑地がもっと広がっていたにもかかわらず、堰がネパールとインドの国境に建設されたため、インド側では毎秒 821 m³の取水に対し、ネパール側では毎秒 24.1 m³の取水にとどまっている。加えてインドはネパールの国境近くに、ネパールへの相談無しに水力発電や灌漑プロジェクトのためのいくつかの堰を建設した。またラプティ川のデオクリ谷の貯水プロジェクトによって得られる水は、余剰があるときにインド側で使われるものの、主にネパール側の需要を満たすように利用されることが合意されていた。しかし後にインドがこのプロジェクトは共同プロジェクトであることを主張し、既にカナダ政府により認可されていた経済援助が取り消されプロジェクトが暗礁にのりあがる結果となった。

ネパールがこれらのプロジェクトから得た水量の取り分は非常に少なく（全体の 3%）、この供給でさえ一定しているわけでも保証されているわけでもない。つまりインド下流国であっても、水利用において相当の権力を持っている。インドが上流国となった場合は言う

⁵ インド外務省、ネパール外務省データによる

までもない。上流国=インド、下流国=バングラデシュの場合は、ファラッカ堰の建設・維持において、上記のようなネパールとインドのような関係を持っており、その場合交渉のテーブルにおいて、なおさらインドの発言力が高まる。

すなわちガンジス河の水利用において包括的にインドが覇権を握っている、ということを表している。

つまりガンジス河の汚染の主要因は、経済発展が著しく河へのアクセス、管理も近隣諸国に比べて容易かつ優位性を持つインドであり、インドにおけるガンジス河の汚染を食い止める術を講じなければ、その水質改善・保全は不可能であり、ガンジスカワイルカも中国のヨウスコウイルカと同様に絶滅してしまうリスクが非常に高まってしまう。

以上より本論においてはガンジス河、特にインドに焦点をおいて、ガンジス河の持続的な水資源利用の策を講じていきたいと考えている。

＜1－3 インドにおけるガンジス河の汚染の現状＞

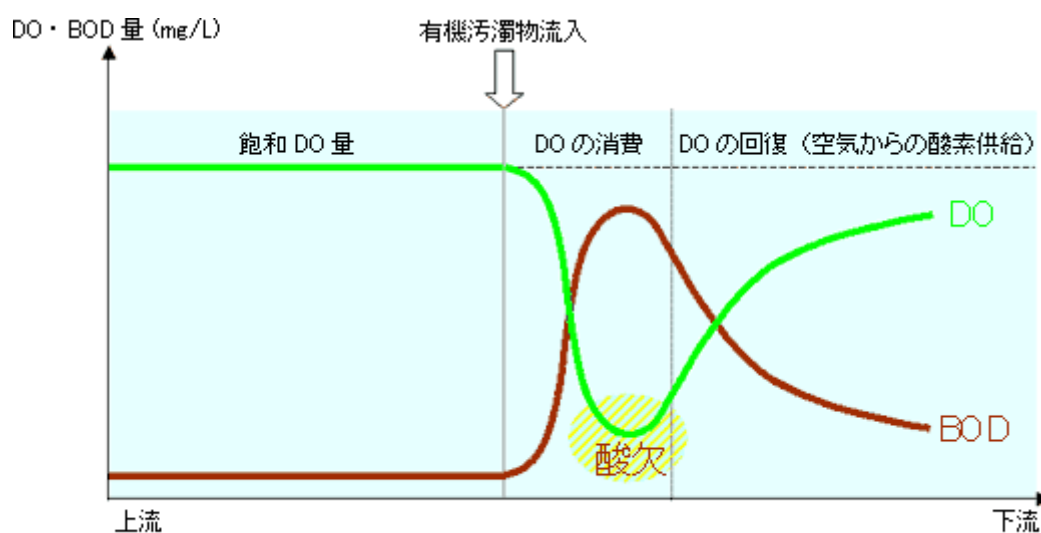
ここからはガンジス河の深刻な汚染の現状についてみていく。ここでいうガンジス河の汚染とは＜1－2＞で示したように地域諸国に対し水資源に関し優位性を持ち、またガンジス河の流域面積も 80%と大きく、昨今の急速な経済発展により環境汚染が深刻化しているインド国において、インド国より排出されたものである。インド以外の周辺 4 カ国でも環境破壊が進みガンジス河の汚染に影響を及ぼしており、本論で保護をしていきたいとしているガンジスカワイルカはガンジス河流域一帯に（つまりインド以外の国内にも）生息しているが、水質汚染が著しく大きい国はインドであり、インドにおける水質改善は国内においてはガンジス河全体の持続的水質改善＝利用へとつながっていく、と筆者は考えている。ゆえに、繰り返しになるが、本論のテーマはインドにおけるガンジス河である。

1－3－1 汚染を測る指標：BOD(生物酸素化学要求量)について

ここでまず本論の汚染の最も主たる指標について述べ、目標となる数値を述べておきたい。本論における最も主たる汚染の指標はBOD(生物化学的酸素要求量 Biochemical Oxygen Demand 以下BODと表記)とし、単位はmg/L（百万分の一）で表される。水中の有機物等が微生物の働きによって分解されるのに要した酸素の量で示した水質の指標である。水質が悪いほどBODは高くなるが、試料の溶存酸素量(=DO 次頁参照)や微生物の種類などによってBODは影響を受ける。測定条件は、摂氏 20 度の暗所において、5 日間培養したときの消費される酸素量を表したものを指す。清浄な水中の溶存酸素は 7～10mg/L、この水に等量のBOD7～10mg/Lの排水が混ざると、魚介類が呼吸できずに死んでしまう溶存酸素 0 の水になる。

我々人間は大気中からの酸素を用いて生きている、そしてこれは水中に住む生物も同じで

ある。ただし彼らは水に溶けている酸素を用いている。この酸素量をDO(溶存酸素；Dissolved Oxygen 以下DOと表す)という指標で表す。DOは河川や海域の自浄作用、魚類などの水生生物に不可欠なものである。一般に魚介類が生存するためには 3mg/L以上、好気性微生物が活発に活動するためには 2mg/L以上が必要で、それ以外では嫌気性分解が起こり、悪臭物質が発生する。つまりDOが多ければ、その水中に住む生物は問題なく呼吸ができるが、それが許容範囲を超えて少なくなると、酸欠状態が起こり魚の大量死等が起こることもある。DOは気圧や水温によって、最高値が異なるが、一般に大きくて 10mg/L程度である。DOを含む綺麗な水中に多量の有機汚染物が投棄されると、プランクトン等の微生物（生物界で言われる分解者）等が大量に発生することになる。彼らは有機物を分解することにより水の浄化の一端を担うが、その分割量には多量の酸素消費も伴う。この結果、DO量は減少し、限度を越えると酸欠状態が起こり魚等の水中生物に多大な影響を与えることになる。この微生物により消費される酸素量をBODという。より具体的に述べるならば、有機物による水質汚濁が進んでいる場合は、水中に存在する有機物の量が多いので、微生物の数が増えて微生物が有機物を分解するときに消費する酸素量も多くなる。一方、川がきれいな場合は、有機物の量が少ないので微生物が消費する酸素量も少なくなる。そこでこの水中の有機物の量と微生物と酸素量の関係に着目して、水中の微生物が有機物を分解するときに消費する酸素量をもって、水中に存在する水質汚濁物質の量の指標としたものがBODである。BODは有機汚染物量と正の相関をもつため、水中の有機汚染物質量を表すのに用いられる。さらにBODとDOは負の相関を持ち、環境基準もDOを**mg/L以上であること、BODは**mg/L以下であること、という表現がされる。次頁の図1－3は上述のBODとDOの関係を表している。



溶存酸素 (DO)、生物化学的酸素要求量 (BOD) の関係概略図

<図1－3 出展：環境省 釧路湿原自然再生プロジェクト

<http://kushiro.env.gr.jp/saisei1/modules/xfsection/article.php?articleid=33>>

有機物の量が多ければ、水中の酸素は減少し、ひどいときにはメタンガスや悪臭が発生し⁶河川生物は生きていけなくなる。例えば生活雑排水⁷のBODはおよそ 200mg/Lであるが、汚染の少ない山間部の清流などでは 0.5mg/L以下で景観が保たれている。また、魚が生息するのに可能な上限は、一般にヤマベ、イワナなどが 2mg/L、サケ、アユなどが 3mg/L、コイ、フナなどが 5mg/Lと言われている。残念ながらカワイルカが生息するのに可能なBODの上限は分かっていない。その生態すら謎に包まれた部分が多いからだ⁸。しかし 1982 年に確認された 4000～5000 頭から、2001 年の調査では 2000 頭まで激減してしまった現状を鑑みると、ちょうどインドが急速な経済発展を遂げだし、急激かつ大規模な人口増大が起きてきた頃とリンクする。そして後述するがガンジス河における水質汚染のうち、生活排水による汚染が主なのだから、それを計るのにはBODが適格となり、関連性が深い、と考える。

つまり本論においてのゴールはこの BOD を下げ、汚染を改善の方向に向かわせることに主眼を置く。当然、BOD 以外にも様々に水質汚染を計る指標は存在する。大腸菌や主に工場排水によって排出された人体に猛毒であるカドミウムや鉛などもガンジス河からは検出されている。がしかし上述の理由から本論ではこれらの指標は主たるものとしては扱わない。

1-3-2 ガンジス河の深刻な汚染の現状

インドにおけるガンジス河は 1980 年代初め以降の流域内人口の急激な増加により、ガンジス河の水質は急激に悪化し、生活環境に多大な負の影響を与えてきた⁹。

本来ガンジス河はヒマラヤ山脈奥の聖地ガンゴートリーをさらに奥へ入った場所を支流に持つ、雪解け水と湧き水の混じったきれいな河である。だが、深い谷間を抜け、やがて人口密集地帯である北インド平野に流れ出ると、急速に汚染が進む。すなわちガンジス河上流域の水質は、水質汚染源が少なく河川浄化機能も高いため良好であるが、大都市が多く位置し人口も多い、また急激に増えている中流域になると河川水質は極度に悪化している。なぜか？中流域では灌漑用及び水道用に多量の取水が行われており、河川流量が減少し、これに伴い、河川の希釈・浄化能力も低下している。ここに大都市からの生活排水を主とする大量の未処理汚水が流入するため、河川水質は極度に悪化するからだ。支流でもあるゴムチ川も状況は同じであり、水質は悪化している。

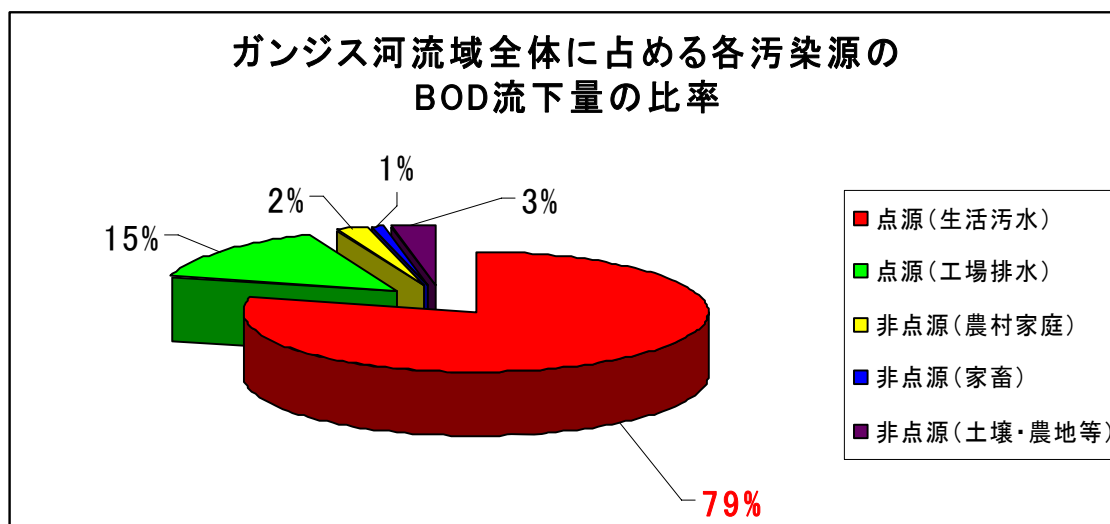
⁶ 実際にバラナシにおけるガンジス河も悪臭がしていた。人々は線香などでその臭いを蔽う。

⁷ 生活排水の中で、し尿を除いたものを生活雑排水と呼ぶ。

⁸ カワイルカについては第二章で詳述する。

⁹ この状況を改善するため、インド政府はガンガアクションプラン(GAP：ガンジス河浄化行動計画)を立ち上げ、水質汚濁対策を実施するための新たな国家機関を創設した。現在、その業務は環境森林省国家河川保全局(NRCD)に引き継がれている。さらに、日本の支援により様々な対策が講じられている。このインド政府、日本の両者による対策・援助については第三章で詳述する。

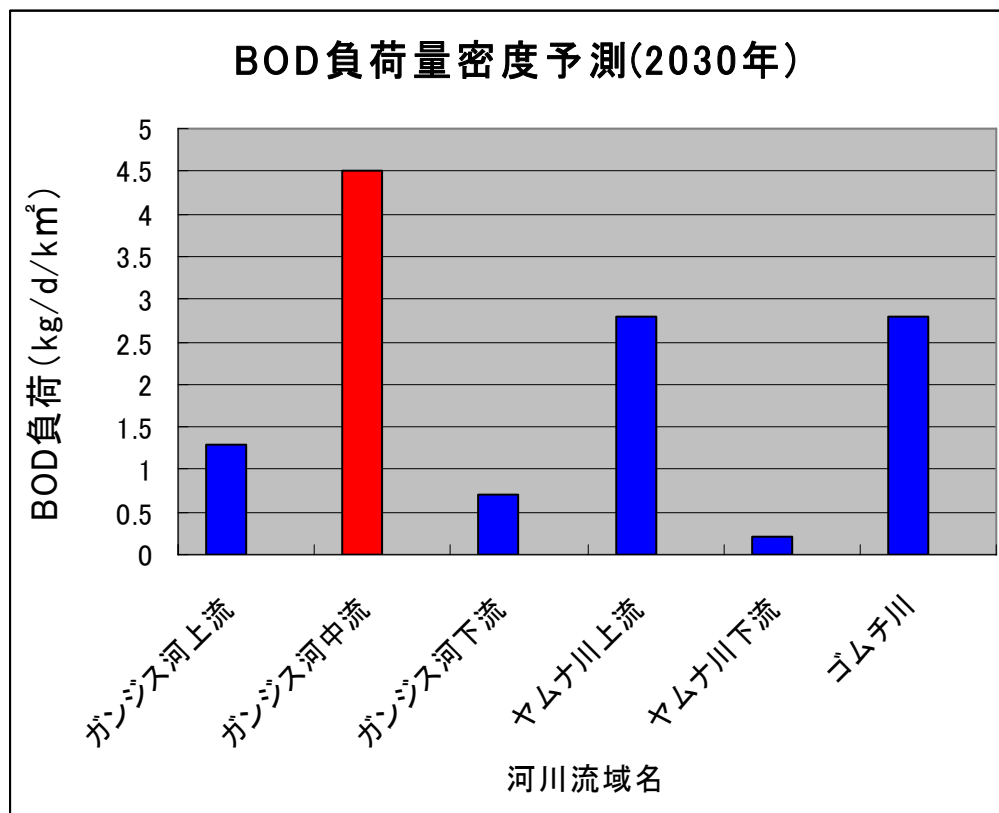
独立行政法人 国際協力機構（＝JICA 以下JICAと示す）の調査によると、ガンジス河流域の汚濁量負荷量解析から、点源汚濁源がガンジス河の水質悪化の最大要因であることが分かった。すなわち点源汚濁源が 94%（生活污水が 79%、工場排水が 19%）を占めることが判明した。したがって、ガンジス河の水質改善を図るためには、点源、中でも生活污水の対策が急務であることが判明した¹⁰。図 1－4、図 1－5 にその実態を示す。



<図 1－4 出展 『インド国 ガンジス川汚染対策流域管理計画調査 最終報告書』

(以下 JICA 資料と記す) より作成>

¹⁰ 点源汚染とは工場など特定の場所から汚染物質が排出されるような汚染源のこと。なお非点源汚染とは山林・農地や道路・市街地等からの流出水といった排出を特定しにくい汚染源のことを表す。 出展：EICネット



＜図 1－5 出展 JICA 資料より作成＞

図 1－5 は JICA による技術協力がされず、現状のままの下水道設備を使用した際の各地点における BOD 負荷量密度(kg/d/k m²)を表している。この図から見ても分かるように大都市が集中しているガンジス河中流域の水質汚染が圧倒的に高い。それでは水質汚染の主要因であるガンジス河中流域の大都市に目を移してみる。

現在、インドの環境森林省国家河川保全局（NRCD）が定めるBODの沐浴用水質基準度は 3mg/Lである。本論でも目指していきたいのはこの数値だ。しかし汚染の著しい中流域の、代表的な大都市どれもがその基準を満たすどころか、大幅に超えてしまっている。カンパール市ではおよそ 7～10mg/L、アラハバット市ではおよそ 4～4.5mg/L、本論で扱うバラナシ市ではおよそ 5～6mg/Lとその河川水質は極度に悪化している。さらにこの数値はあくまで河川における平均的な数値であり、場所によってはなんとBODが 15mg/Lと非常に高い数値を示しているところもあるほどだ。さらに大腸菌群数は日本の河川¹¹の 100 倍から 1000 倍であったり、工場排水から流れ出た人体に猛毒のカドミウム、鉛などが排出されていたり、と汚染の現状は深刻極まりないと言える。

¹¹ 日本の河川の大腸菌群数の平均的な数値はA型類 1000MPN/100mL以下。100 ミリリットル中の郡数を最も確実な数＝MPN(Most Probable Number)として表示する。

1-3-3 ヒンドゥー文化から見たガンジス河

インド国内におけるガンジス河はなぜ生活排水による汚染があとを絶たないのか。そこには他国にはないインドならではの文化に起因する理由があった。

ヒンドゥー(教)文化である。

ガンジス河はヒンドゥー教を信ずる者にとって特別な意味を持っている。ガンジス河は黄褐色した濁流であることに相違はないが、ヒンドゥー教信者にとってみては清らかにして聖なる河であり、心の中では全くの清流であり、沐浴し祈る神聖な河なのである。ヒンドゥー教徒の最も敬愛する、シヴァ神の左目から流れ出る涙が、座った足もとから流れ出したものが集まってガンジス河の流れになった、また他説によるとヒマラヤに鎮座いましめすシヴァ神の髪からしたたり落ち、流れ出したとも言われている河なのである。いずれにしてもガンジス河はインドのヒンドゥーにとって神と融合したものであり、バラモン教の昔から聖なる河であったのである。ヒンドゥー教という宗教がこの世に生まれ出でたときより生活の一部としてあり(生活の根幹・基本指針と言ってよいのかもしれない)、内面から外面からあらゆる面から浸透している人々にとって、ガンジス河とは生活の上で非常にプライオリティーが高く、アクセスが容易でない中南部地方に住む人々にとっては羨望の的なのである。そして端的に述べると、彼らのガンジス河への認識はすなわち、

「この世のすべてを洗い流し、清めてくれる聖なる河」

なのである。どのような排出物を投棄するときでも、なんらかの事情により汚染され排出された水を流すときにでも「汚染している」という認識ではなく、河が自らの流した種々のもの(ごみを含む)を「浄化」してくれている、という考え方が一般的であるようだ。よって人々はありとあらゆるものをこの河に流す。

多種多様のゴミ(昨今の経済発展に伴い自然に還らないものが急増)が投棄され、さまざまな病原菌を宿した水牛¹²の群れがすぐ近くで行水し、'プジャ'と呼ばれる神聖な祭りで使用された線香の残りカスや花束、爆竹や花火の残りカスが水面に漂っている。また家に便所がある世帯は全体の約2割に満たないため河(もしくは路上)で日常的に用を足す。

そして特徴的なのがヒンドゥー教の葬法である。遺体は仏教と同じく荼毘に付される¹³。しかし様相を異にしているのが、墓の有無である。仏教の場合、骨を集め墓を建立するが、ヒンドゥー教は荼毘に付した後に残った灰を河に流し墓は持たない。また火葬によって荼毘に付されるも、樹木の薪を使った伝統的な火葬のスタイルのため、完全に灰にならないことは多々あり、それらは不完全燃焼のまま河に流される。また妊婦や子供、疾病人の死

¹² ヒンドゥー教において牛は神聖な生き物であり、人々は大事にしている。インド北部の町中ではよく見かけることができる。

¹³ 「火葬」の意。

体は焼かずに流すことになっている。河を伝染病で亡くなってしまった方の遺体が流れ、こういった遺体が河の底に多く沈んでいると考えられている。そして川岸でその遺体をついばむカラスや犬がいる、といった具合だ。そうして人々はそのほとりで洗濯を行い、身体を洗い、歯を磨き、沐浴を行う。外国人の観点からすると、これらの行為は眉をしかめてしまうものであり、理解し難いものであろう。聖なる河を汚している、ことに他ならないのだから。ただ繰り返しになるがガンジス河はヒンドゥー教徒にとって「この世のすべてを洗い流し、清めてくれる聖なる河」なのである。

しかしこれらの行為は古来より行われてきたはずであり、今に始まったことではないはずだ。なぜ昨今になって環境被害が急激に悪化の一途をたどっているのか。産業発展による工場排水発生の増加にその多くが起因しているから等々ではないのか、などの、伝統的に行われてきた行為以外への汚染排出の疑問が湧く。

確かに産業発展による未処理の工場排水の流出が引き起こす汚染も存在し、その問題も深刻である。また大規模・小規模問わずダム建設も 50 以上施行され、現在も進行中のダム建設のプログラムもある。だがガンジス河の汚染要因の 80%以上が生活排水から、という現状を見る限り、それは上述のような急激かつ大幅な人口増加による生活排水そのものの増加と、生活水準向上による排出物の多様化、自然に還りにくいものの増加などが主要因なのである。このうち、人口増加が最も大きな要因であると推測されている。

1-3-3 なぜバラナシなのか？

本論では汚染改善の舞台としてバラナシに焦点をあて解決策を図っていく。

まずなぜバラナシ市を選んだのかを述べる前に、バラナシ市の基本情報をいくつか述べておく。

バラナシ市は、インドの州の中で最も人口が多く面積は5番目であるウッタル・プラデーシュ（Uttar Pradesh）州に位置する、バラナシ県の県都であり、ガンジス河の左岸に位置する都市である。世界で最も古い都市の一つでヒンドゥー教徒にとってインド最大の聖地であり、最も重要な聖地の一つである。かつてはベナレスと呼ばれ人口は 116 万人（2004）である。ガンジス河は、日々の生活の一部である一方、ガンジス河左岸 7km に渡る神聖なガート¹⁴では毎日、何千人もの人々が信仰のため沐浴するのを見ることができる。

ではなぜバラナシを選んだのか？

簡潔に表すと、ヒンドゥー教徒にとってバラナシは前述のようにインド最大の聖地であり、国内外から訪れる人が非常に多いためである。つまり国内外問わず知名度が高く、ガンジス河流域に生息するガンジスカワイルカの保護のためには、その現状そして対策が国内にも国外にも流布されやすい格好のモデル地域となりうるのだ。私はガンジスカワイルカを

¹⁴ 「ガート」とは沐浴場のこと。特に有名なのはマニカルニカ・ガートと呼ばれるもので火葬場がある。24 時間遺体を焼く煙は途切れることはない。

「観光資源」として見る視点をまずインド国民の間に広げ、それを国外に広く知ってもらうことによりガンジス河におけるガンジスカワイルカウォッチングを観光産業として成り立たせ、バラナシ以外のガンジス河流域の都市や町にもそのノウハウが伝わっていけば最も良いと考えている。

バラナシには国内、国外旅行者を含め年間およそ 100 万人もの巡礼者や旅行客が訪れる。月に換算すると、毎月 8 万人以上の人々がバラナシに足を運んでいることになる。

なぜこれほどの人々がバラナシに心惹かれ訪れるのか。

理由は「ガンジス河」に他ならない。ヒンドゥー教徒の人々(国内の 80%以上)は一生に一度、このガンジス河(インドでは「ガンガー」と呼ばれる)で罪を洗い流し、功德を得る沐浴を行うことを切望している。殊、バラナシはインド最大の聖地であり沐浴を行うには最も適した場所であると言える。よって全インド中から沐浴を行いに聖地に赴き、また世界中から大勢の人々がその沐浴に代表されるヒンドゥー文化に触れるためなどに知名度の高いこの町を訪れる。

バラナシのガンジス河のほとりにある多数の沐浴場(ガートと呼ばれる)のすぐそばから街中に向かって、ところ狭しと宿やホテルが立ち並び、商店や食堂が軒を連ねている。街中には、宿を探す旅行客を相手にしたホテルなどの勧誘を行う現地の人々が多数おり、少しでも多くの旅行客を集めようと必死で声をかけてまわり、顧客の獲得にいそしむ。また地元のみ芸品を置く店や日用品を置く店が非常に多く、外国人のみではなく、国内各地から訪れるインド人旅行者をもターゲットにした一大観光地となっている。



＜バラナシにおける沐浴風景 ～河の水で身体を洗い、清め、祈る～ 出典 筆者＞

第2章 カワイルカについて

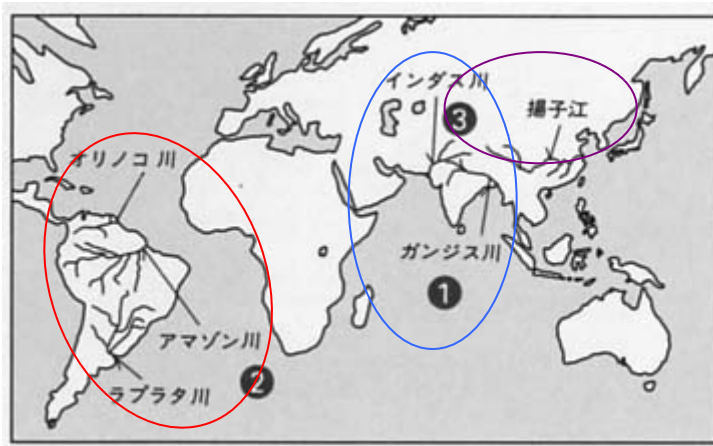
そもそもカワイルカとは何か？なぜ貴重なのか？海洋に生息するイルカたちとどのように異なり、私が興味を持った部分とはなにか？
以上のことを述べていきたいと思う。

<2-1 「生きている化石」>

カワイルカはハクジラ類の祖先にあたる化石クジラにみられる原始的な骨格の特徴をいまでも保持しており、学術的には「生きている化石クジラ」として大変貴重な存在である。詳しい学術的な説明は省略するが、「鯨類の起源にあたる原始獣はメソニクス類か偶蹄類の一種か」という論争に決着をつける古生物学的研究の成果が近年発表され、軍配は偶蹄類に上がった。鯨類はカバやラクダの祖先に共通の原始獣から分岐してきたことを裏づける有力なムカシクジラ類の化石が発見されたからである。そのこのクジラの起源の謎を解く証拠になった「化石クジラ」であるムカシクジラ類の特徴を多く保持しているため、カワイルカは「生きた化石」とであるとされ、学術的に非常に貴重なのである。

<2-2 現在生息している4種のカワイルカと絶滅したヨウスコウカワイルカ>

カワイルカは現在世界に4種存在する。すなわちインダスカワイルカ、ガンジスカワイルカ、アマゾンカワイルカ、ラブラタカワイルカ、の4種である。ここに絶滅したヨウスコウカワイルカも含めたおおまかな分布図を見ると、



出典 東京大学総合研究博物館 神谷 敏郎氏の HP より

↑<カワイルカの分布図>

カワイルカはアジアに3種(現在は2種)、南米に2種しか生息していない貴重なイルカで綺

麗な水でしか生息できないイルカである。各種のカワイルカは生息している河川名を付けて、＜ヨウスコウカワイルカ＞、＜ガンジスカワイルカ＞、＜インダスカワイルカ＞、＜アマゾンカワイルカ＞と呼ばれる。このうち＜ラプラタカワイルカ＞のみは生涯川の中には遡上せず、ラプラタ河口を中心にしたブラジル東南部からウルグアイ、アルゼンチン南部に至る大西洋沿岸の浅い海に生息している。骨格など形態的な特徴はカワイルカ類に属するが、生態的には海のイルカである。その他のカワイルカは淡水の中で生きる。WWFの調査ではガンジス河におよそ 2000 頭、インダス河におよそ 1100 頭、アマゾン流域には多数生息している、という報告がなされている。そのどれもがワシントン条約において最も絶滅する危険性の高い付属書 I に付されている。さらにはIUCN(国際自然保護連合)のレッドリスト¹⁵の中で、ガンジスカワイルカ、インダスカワイルカがEN(Endangered絶滅危機)、アマゾンカワイルカがVU(Vulnerable 危急)に付されている。

それではまずカワイルカ全種に共通の特徴から見ていく。

そもそもカワイルカは生物学的観点から分類を加えると、＜クジラ目 カワイルカ科＞に属する。

まず＜クジラ目＞の定義を述べていく。

＜クジラ目＞とはクジラ、イルカの仲間のことであり、比較的大きな種がクジラ、小さな種がイルカと呼ばれるが、分類学的な差はない。シロナガスクジラは最大体長 34m、体重 100t 以上で、すべての生物のなかでもっとも大きい。生涯を水中で過ごす、肺呼吸のためときどき水面に上がる必要がある。前肢(ぜんし)は胸鰭(むなびれ)に進化し、後肢(こうし)は退化してなくなってしまったか、小さな骨が痕跡として残るのみである。尾はなく尾鰭(おびれ)を持つ。頸(くび)はくびれず、頭と胴がつながって、体全体が流線型になり、結果として魚に近い形となった。動物プランクトンなど小動物を食べるヒゲクジラ類と魚類からほかのクジラまで食べるハクジラ類がある。

このことを念頭に置いた上で、カワイルカ科についての共通の特徴を見ていく。

カワイルカは種類によって異なるが、生体の体長が 1.7~2.5m、体重は 50~150kgを越すほどの小型のイルカである。カワイルカはハクジラ類の祖先にあたる化石クジラにみられる原始的な骨格の特徴をいまでも保持している。この章の冒頭でも述べたが、学術的には「生きている化石クジラ」としてとても貴重な存在である。以下に代表的な特徴を挙げる。

¹⁵ 絶滅のおそれのある野生生物（動植物）のリスト。通常、種または亜種、変種の水準で記載され、絶滅の危険性の高さによるカテゴリー分けがなされている。
ex.)CR(Critically Endangered 絶滅寸前)→EN(絶滅危機)→VU(危急) 出展 wikipedia

- (一) 頭蓋骨では脳室が小さいことと、下顎骨の先の縫合部が長く、くちばし（口吻）が非常に長い
- (二) 七個の頸椎が完全に遊離していて、頸をかなり自由に回転させることができる
- (三) 眼が小さい
- (四) 側頭骨の頬骨突起が著しく太い
- (五) 五上顎骨辺縁部の隆起が強く、特にガンジスカワイルカでは左右の隆起が板状に立ち上がりドーム状の骨の囲いを形成している、などが挙げられる

《東京大学総合研究博物館 神谷 敏郎氏による》

次に個々のカワイルカについてみていく。

本論では二つのカワイルカに特に着目している。昨年 2006 年に絶滅したヨウスコウカワイルカとガンジスカワイルカである。前者から考察を加えていく。

＜ヨウスコウカワイルカ＞※すでに絶滅



出典：海棲哺乳類(鯨類)図鑑 <http://svrsh1.kahaku.go.jp/mmml/flash/pictorial/main.html>

〔サイズ〕 最大個体 全長 2.53m(雄)、2.07m(雌)

体重 230kg(雄)、142kg(雌)

〔分布〕 中国の長江流域

淡水にのみ生息し、さまざまな魚類を食べる。支流の流入点や中洲の下流側が好まれる菜食場である。交尾の盛期は 4 月から 5 月で、10～11 ヶ月の妊娠期間を経て、2 月ごろに全長 1m 弱の 1 子を出産する。授乳期間は不明。これまでの最高年齢は 24 歳であるが、ほかのクジラ類の例からみて最高寿命はこれよりも長いものと思われる。かつては長江（揚子江）の河口から 1700km 上流の標高 200m の宜昌付近までと洞庭湖に分布し、長江の南の富春江下流にもいた。その後 1980 年代には、上限は 100km 下流の枝城付近にまで後退し、洞庭湖と富春江からは消滅した。生息数に関して 1985 年から 1986 年までに分布のほぼ全域をカバーする 1512km の範囲を調査して、243 頭を数えた例がある。その後中国の科学

者は多くの小舟を使って、統一された手法で分布域全体の調査を繰り返しているが、確認数は極めて少なく、1994 年、1995 年、1996 年の調査での発見はいずれも 10 頭未満であった。減少の原因として、漁業による混獲・乱獲による食物となる生物の減少、環境汚染による健康被害、船舶との衝突死が挙げられている。2006 年の調査により、一頭も発見が確認されなかったため、絶滅したとされている。直接の影響は定かではないが、建設の進んでいる、世界最大のダム・三峡ダムの影響ではないかとの説もある。

次に本論のテーマとなっているガンジスカワイルカについて述べる。



© National Science Museum, Tokyo.

ガンジスカワイルカ *Platanista gangetica*

出展：海棲哺乳類(鯨類)図鑑 <http://svrsh1.kahaku.go.jp/mmml/flash/pictorial/main.html>

【サイズ】 最大個体 全長 2.52m 体重 95kg

【分布】 インド、ネパール、ブータン、のガンジス・ブラフマトラ川水系、バングラデシュ南東部のカルナフリ水系およびサング川水系

インドでは<スースー>の愛称で呼ばれている。

体色は全身灰色から灰褐色で、腹側は淡色である。細長いくちばしと直角三角形に近い大きな胸鰭、低い山形の背びれが特徴である。濁った河水での生活に適応して目は退化の傾向にあり、眼裂は小さく 5mm ほどである。退化した視力を補うのが音響探測の機能で、音を発してその反射音で水中の障害物やえものを察知する。生活史に関する情報は乏しい。子はおもに乾季(秋から春まで)に大河の本流域で生まれる。出生時の全長は 70～80cm で、雨季には母親に伴われて移動し、秋までには離乳する。魚が産卵し大量の幼魚が発生するモンスーン期は離乳に好適である。妊娠期間は 11 ヶ月前後と言われている。さまざまな淡水魚、エビ、二枚貝などを食す。

WWFによる 1982 年の観測時には 4000～5000 頭が生存が確認されたが、2001 年の調査では 1800～2000 頭に激減した。約 20 年間で半減という激減の仕方である。その理由としては以下の四つが考察される。すなわち①灌漑や取水増加による水位低下、②ダム建設による移動の阻害・生息環境の破壊、③密漁・混獲、④水質汚染である。本論ではガンジス河の汚染との関連性の中で解決策を考えていくため、④水質汚染に焦点を当てて見ていく。

第3章 ガンジス河の水質汚染に対する 現行の対策

< 3-1 インド政府と日本政府 ; JICA、JBIC による協力 >

3-1-1 概要

第三章ではバラナシに焦点を当て、現在進行中のガンジス河水質汚染の対策について述べていく。まずインド政府と日本政府の協力によって行われている対策の概要を述べる。

第一章の< 1-3-2 >でも少し触れたが、ガンジス河は 1980 年代はじめ以降の流域内人口の急激な増加により、ガンジス河の水質は急激に悪化し、生活環境に多大な負の影響を与えてきた。この状況を改善するため、インド国政府は、1985 年にガンガ（ガンジス河）アクションプラン(=GAP)を立ち上げ、水質汚濁対策を実施するための新たな国家機関を創設した。1995 年から現在に至るまでその業務は環境森林省国家河川保全局(NRCD)に受け継がれている。国家河川保全局の指導の下、ガンジス河流域内の大都市で下水道整備が進められ、その結果、ガンジス河の水質はある程度の改善がみられるに至った。そして更なる水質汚濁浄化のため、インド国政府は、ガンジス河の汚染対策流域管理に関する調査を計画した。調査目的はガンジス河流域における水質悪化のメカニズムを明らかにし、2030 年を目標年とする効果的な汚濁削減策を立案し、ガンジス河の水質改善に図ることにある。目標の一つとして、水質を沐浴用水質基準度である BOD=3mg/L まで水質改善を図ることがある。そのインド政府の要請を受けた日本国政府は、インド政府と協力する意向を示しこの重要な課題に取り組むことを決定し、独立行政法人 国際協力機構（JICA）を通じて「ガンジス河汚染対策流域管理計画調査」を開始した。2003～05 年にかけてこの「ガンジス河汚染対策流域管理計画調査」を実施し、2004 年～06 年に「河川水質浄化対策」プロジェクトを行い、下水道施設の維持管理体制や人材の能力向上を支援してきた。さらに、開発調査で策定された計画に基づいて、国際協力銀行（JBIC）の円借款「ガンジス河流域都市衛生環境改善計画」が 2005 年に承認された。下水処理施設の建設・改修や公衆トイレの設置、公衆衛生に対する住民の意識向上のための啓蒙活動などが進められている。2030 年を目標とする非常に長期に渡る壮大なプロジェクトである。

3-1-2 実態

それではJICAによる『インド国 ガンジス河汚染対策流域管理計画調査 最終報告書』に基づいてその実態に迫っていく。『インド国 ガンジス河汚染対策流域管理計画調査』はマ

スタープランとして提案された以下の四つの項目を主軸とし、ガンジス河中流域に位置する四つの都市¹⁶に焦点を当てている。すなわち①下水道スキーム、②非下水道スキーム、③社会配慮、衛生協力、④組織制度開発プログラム、である。各々の内容を簡潔にみていく。

①下水道スキーム

下水道スキームでは、生活污水が未処理で放流されるのを防ぐため、短期計画を含む中長期の対策が提案され、短期計画(第1期事業)としては、主として、雨水排水路や汚水路を遮集し処理する施設(ポンプ場、幹線道路、下水処理場)が計画されている。中長期計画(第2期事業)としては、準幹線の幹線の接続、幹線および下水処理場の増設に加え、主に、開発および新興住宅地区における枝線管渠の整備(面整備)が計画され、短期計画の施設は、長期計画においても有効に活用できるよう位置づけられている。

②非下水道スキーム

その他の主要な河川汚濁源および衛生状況の悪化要因としては、屋外排泄と川岸での洗濯が挙げられており、屋外排泄は特にスラム地区、川岸、排水路内で顕著である、とされている。

非下水道スキームでは屋外トイレの設置、洗濯場排水対策として川から離れた場所への洗濯場の移設を提案し、これらの計画は施設の規模など利用者の意見・ニーズを反映した需要ベースの計画として策定されている。

③社会配慮、衛生教育

下水道・非下水道事業成功のためには、全ての利害関係者(ステークスホルダー)の協力、理解、参加は不可欠であるとし、この協力、理解、参加を獲得する目的で、以下の計画概念を基に、社会配慮、衛生教育計画を提案している。計画内では目的達成のため、住民参加/啓蒙(PP/PA)プログラムを提案している。

主要な活動	テーマ
・健康と衛生の意識を高める	個人の健康および衛生問題(個人問題)
・関係機関と住民の相互理解を高める	地域問題および住民参加
・維持管理を共に行う意識を高める	費用分担および支払い意思(都市問題)
・都市環境改善に関する住民啓蒙運動	環境にやさしい都市河川

＜図3-1 社会配慮、衛生教育の計画概念 JICA 資料より作成＞

¹⁶ ラクノウ市、カンブール市、アラハバット市、そしてバラナシ市である。

④組織制度開発プログラム

下水道事業にとり最も重要な点は、建設された施設の持続的な維持管理である。下水道事業には、UP¹⁷州水道公社、市水道局、市役所、市開発公社など多くの組織が参画しているが、組織間の調整が適切になされているとは言い難く、責任の所在も不明確である。法律上は、市役所が下水道設備の維持管理に責任を持つ立場にあるが、財務、技術能力の不足により、市役所は責任を果たせる体制とはなっていない。

事業実施の前提条件として、下水道施設の維持管理を適切に継続的に行う目的で、組織制度開発プログラム（IDP）を提案した。プログラムには、市役所の組織・制度の改善、スタッフの能力強化、組織の財務強化が含まれている。IDP では、下水道事業実施のための責任ある統合された、単一組織の形成を目指している、としている。

組織	担 当 業 務
a) 市役所	雨水枝線の建設・維持管理
b) 市上下水道公社	汚水枝管の建設・維持管理、下水道幹線の維持管理
c) 都市開発局	（都市域内ではあるが市域外での）開発地域での下水道施設（主に枝管）の建設及び（開発地域が市域に編入され市役所に移管されるまでの間の）維持管理
d) UP 州上下水道公社	河川環境改善に直接寄与する下水道幹線施設（遮集管、遮集ポンプ、下水処理場）の建設。建設施設の維持管理

＜図 3－1 下水道事業機関 出展 JICA 資料より＞

以上がマスタープランである。このマスタープランに沿って計画は実行されている。

＜ 3－2 バラナシ市における実態＞

JICA「インド国 ガンジス河汚染対策流域管理計画調査」はガンジス河中流域の四つの都市に焦点を当て、事業を行っていく方針を固めている。なぜならば第一章で述べたようにガンジス河中流域で最も汚染が進んでおり、その対策が急務であるからである。その四つの都市とは同じ UP 州に位置するカンプール市、ラクノウ市、アラハバット市、そしてバラナシの四都市である。それぞれについて簡潔に説明をしておくと、カンプール市はガンジス河右岸に位置する UP 州最大の都市で 290 万人を擁する。UP 州の商業、工業の中心地である。ラクノウ市は UP 州の州都で人口 290 万人を擁する。ガンジス河の主要な支流・ゴムチ川が市の中央を貫流する。アラハバット市は、聖なる川ガンジス河とヤムナ川の合流点に位置する人口 120 万人の都市である。合流点は、「サンガム」と呼ばれ、ヒンドゥー教の聖地であり、多くの信者が毎年集い、神聖な祭典が開催される。また、6 年毎に交互に行

¹⁷ Uttar Pradesh(ウッタール・プラデーシュ)州。インド州の中で最も人口が大きく、面積は 5 番目。本論のテーマの都市である、バラナシが位置する。本論第一章、1－3－3 に詳述。

われる、クンブメラ（Kumbh Mela）、アードゥクンブメラ（Argh Kumbh Mela）と呼ばれる1ヶ月半に渡って開催される大祭には、数百万人の信者が集まる。しかしバラナシ市と違い、国外から旅行者は少ないと思われ、知名度もバラナシ市のほうがある。

ここから本論で扱うバラナシ市に焦点を当てて、その水質汚濁対策を見ていく。
以下の表はバラナシ市における下水道スキームの事業データである。

	2003 年	2015 年	2030 年
行政区域内(市内)	1,157,510	1,627,540	2,220,700
行政区域外の都市域(市外)	126,989	268,518	49,350
昼間流入人口	57,874	81,378	111,036
計	1,342,373	1,977,436	2,823,086

＜図3－2 人口の推移 JICA 資料より作成＞

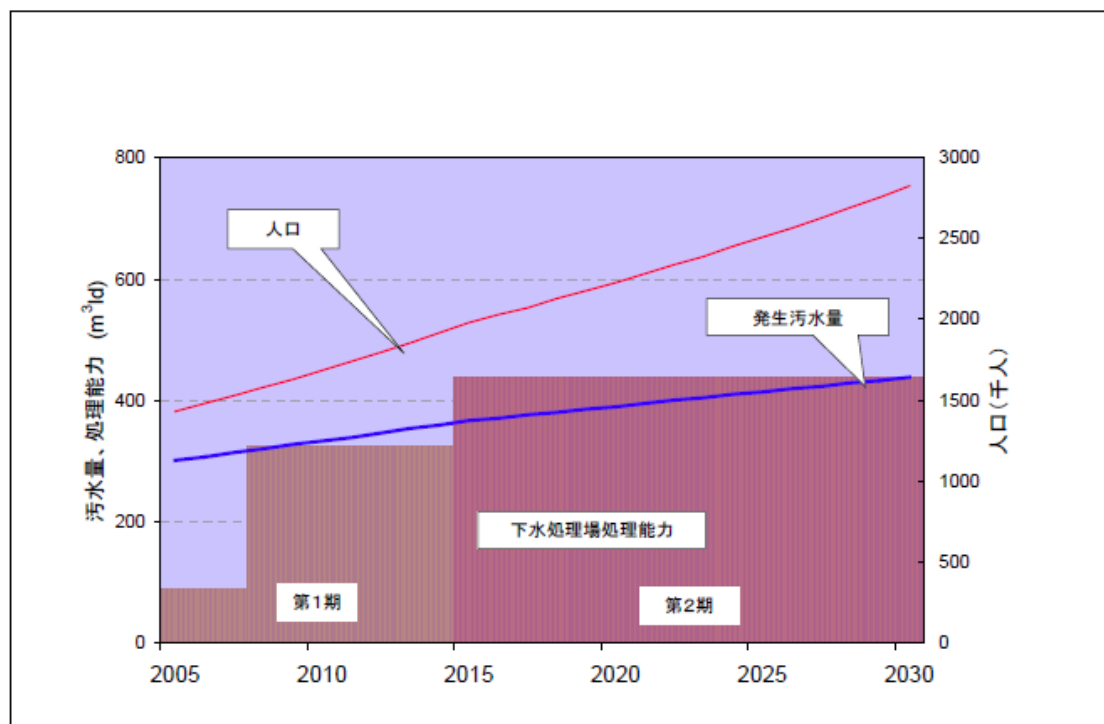
		2003 年	2015 年	2030 年
給水人口	千m ³ /日	1,215,480	1,627,540	2,823,085
需要量	千m ³ /日	232	336	490
浄水場処理能力				
既存	千m ³ /日	310	310	310
将来拡張計画	千m ³ /日		200	200
合計	千m ³ /日	310	510	510
水源				
河川	千m ³ /日	123	510	510
公共井戸	千m ³ /日	143	143	143
自家用井戸	千m ³ /日	67	67	67
その他	千m ³ /日	7	7	7
計	千m ³ /日	340	727	727

＜図3－3 供給水量 JICA 資料より作成＞

		2003 年	2015 年	2030 年
総人口		1,342,373	1,977,436	2,823,086
計画区域内人口		976,223	1,371,717	2,708,520
下水道接続人口		435,525	988,718	2,117,315
接続率		32%	50%	75%
一人当たり発生汚水量	lpcd	215	185	155
発生汚水量	千 m^3 /日	289	366	438
遮集水量		210	272	420
下水処理場能力				
既存	千 m^3 /日	88	88	80
許可済み	千 m^3 /日		37	37
将来拡張計画	千 m^3 /日		200	313
計	千 m^3 /日	88	325	430

<図 3-4 汚水量 JICA 資料より作成>

ここでは下水道設備インフラを整備することにより、発生汚水量がどのように変化していくかを表している。そして 2030 年までに全発生汚水量をそれらの設備により処理できるとしている。以下の<図 3-5>はその流れを表している。



<図 3-5 バラナシ市の下水計画 出展 JICA 資料>

以上が下水道スキームである。

非下水道スキームでは、下水道スキームと比較し、非下水道スキーム実施による河川水質の改善効果は非常に小さいとしている。したがって非下水道スキームは市内の衛生および美観面の改善を目的としている。その内容を簡潔に示す。

①スラムでの低費用衛生施設促進プログラム

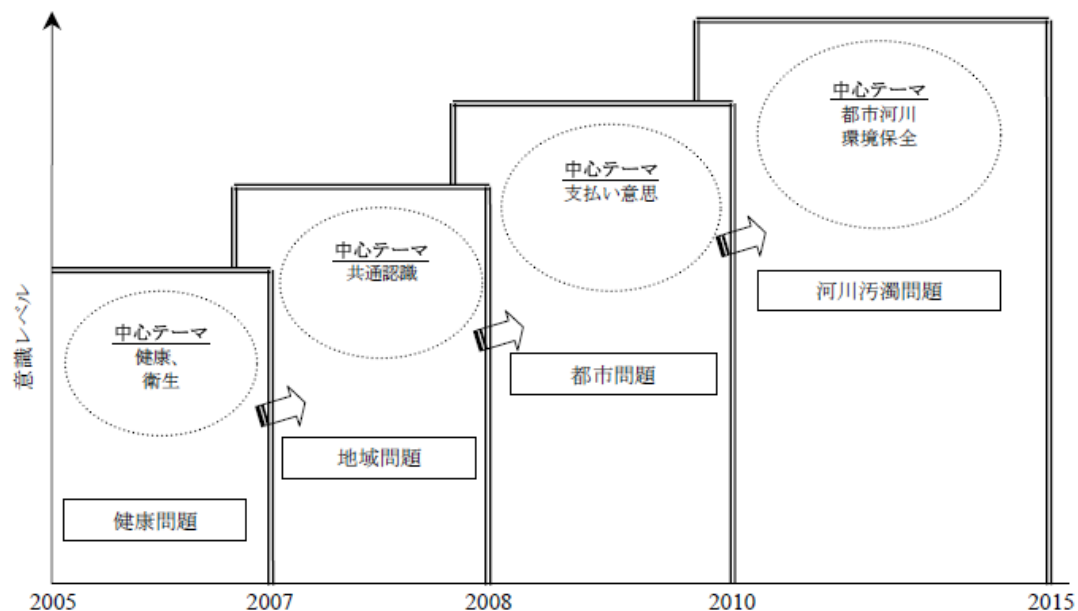
市内の低所得者世帯では、個別トイレを所有しない世帯が多い。これら住民は、スラム内、河岸、排水路岸等での屋外排泄を日常的に行い、非点源汚染の原因となる。そのためにコミュニティトイレを設置している。

②ガート（沐浴場）の衛生改善

ガートにおいて公衆トイレを作り、衛生環境の維持を図っている。

その他に、住民参加啓蒙プログラムとして多様な利害関係者の理解、協力および参加を得るために、関係省庁、地方自治体、NGO、CBO および地域社会を実施者として、これら実施者の協力体制を作り上げるよう、プロジェクトを進めている。

また社会配慮および衛生環境に関する基本認識のために、ワークショップなどを開催し、河川の汚染による身近な健康改善に関する啓蒙・教育を行ったのち、河川環境の改善に関する啓蒙・環境を行うプロジェクトを進めている。そしてこの社会配慮および衛生環境に関する基本認識プログラムの実施により、住民の意識レベルを高めていく狙いがある。下記にその流れを示す。

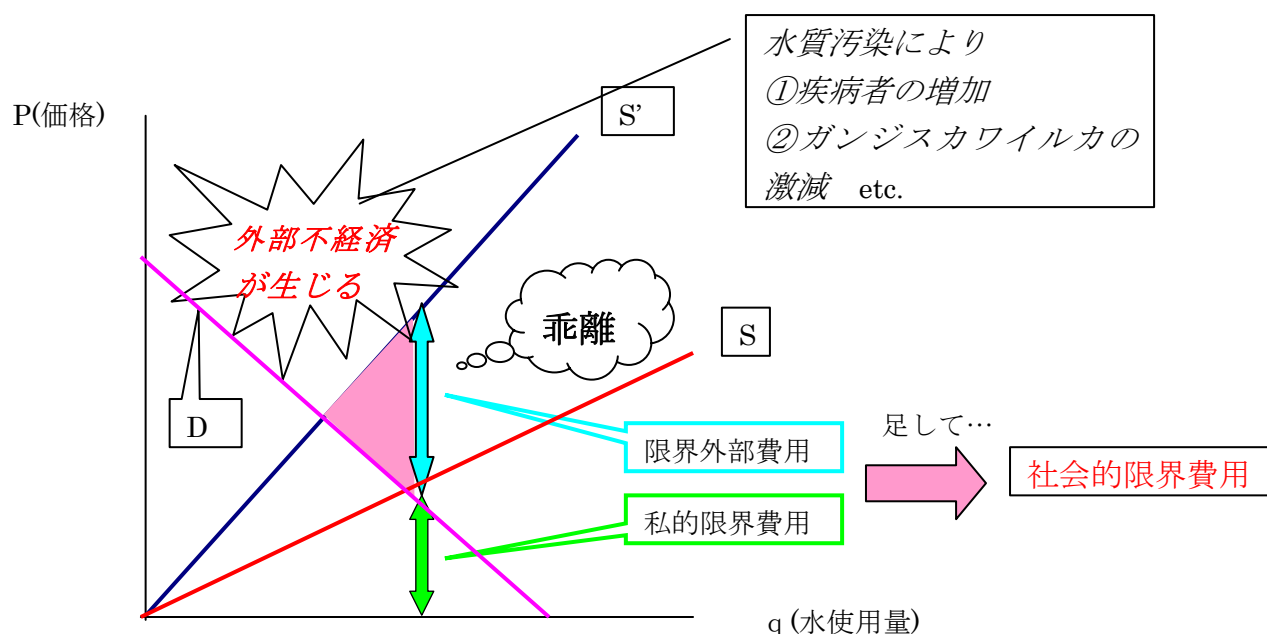


<図 3-6 住民の認識レベル 出展 JICA 資料>

第4章 モデル分析

< 4-1 モデル分析 >

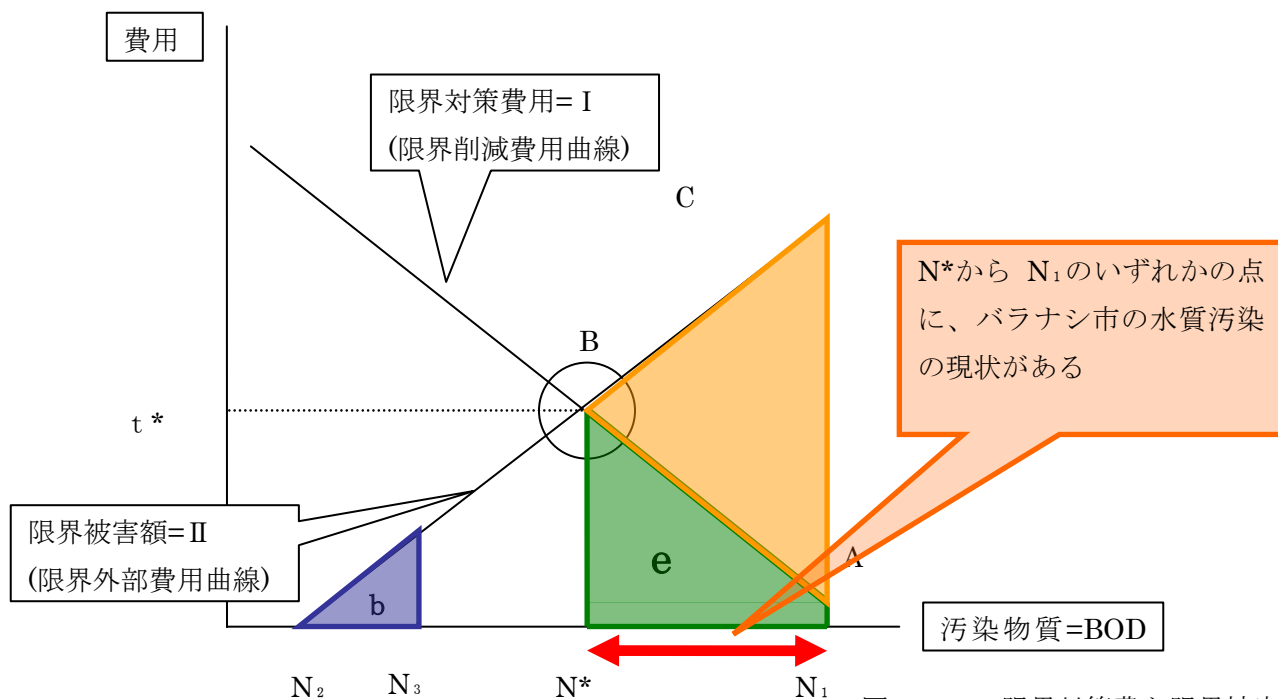
それではこれまでのことを踏まえたバラナシにおけるガンジス河の水質改善対策のモデル分析に入っていく。



< 図 4-1 外部性と社会的最適 >

この図の意味するところは現在ガンジス河で行われている、水道利用により受ける効用を限界効用曲線で表し、水道利用料金(=費用)である PMC(私的限界費用曲線)と SMC(社会的限界費用曲線)とその差から生まれる外部不経済を概念化し、モデルに表したものである。効用を受ける主体は水道利用者である。詳しい数値設定は行っていない。

図の 6-1 のように PMC と SMC には乖離が生じており、**ピンクで表した三角形**の部分が外部不経済として生じてしまっている。つまり適正な費用負担をしていないがゆえに、生活排水や工業排水として汚染を受けた水資源をそのままガンジス河に流し、様々な環境被害を起こしてしまっている。本論ではこの外部不経済から生じた環境被害を①水質汚染による疾病者の急激かつ大幅な増加、②ガンジスカワイルカの激減(過去およそ 20 年間で半減以下に)の二つに焦点を当ててみていく。それでは外部不経済(汚染発生)のメカニズムについてももう少し詳しくみていく。

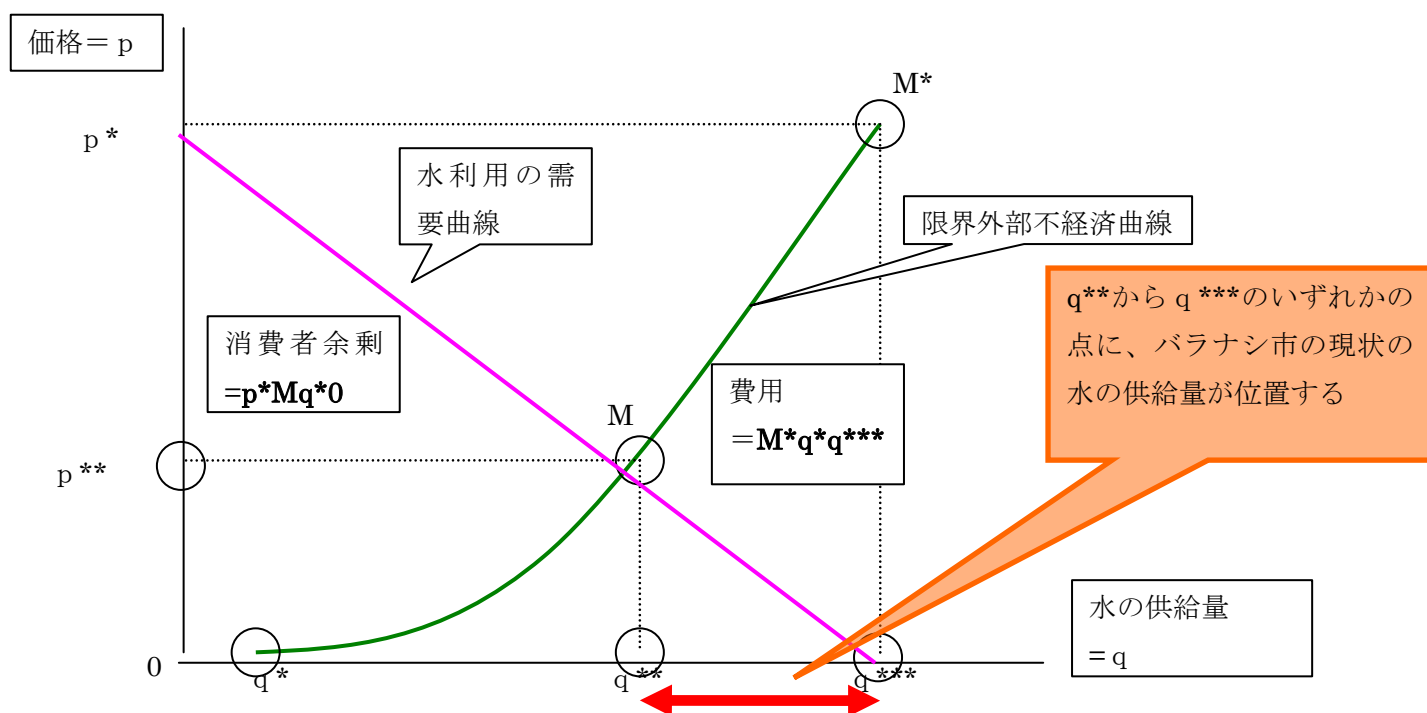


<図 4-2 限界対策費と限界被害額>

図 7-2 は縦軸に費用、横軸に汚染物質をとった際の、限界対策費用＝限界削減費用と限界被害額＝限界外部費用の差を表している。

外部不経済を減らすためには処理費用をかけて減らすことができるという前提のもとにこの図は表されている。そのとき十分な処理費用をかければ、外部不経済を限りなく減らすことができる。しかし処理費用が大きくなり、処理費用を加えた社会的費用は逆に大きくなる可能性がある。バラナシ市ではその処理費用をかけて汚染された水を浄化している。右下がりの曲線 I は汚染物質(BOD)と対策費用の関係を表している。全く対策が講じられないときの汚染レベルを N_1 とし、この水準から汚染を減少させるための対策が講じられるとする。 N_1 から左に移るにつれて許容される汚染レベルが厳しくなり、追加して BOD を減らすための費用（限界対策費）は次第に高くなる。 N_1 から N^* まで汚染を減らしたときの対策費用は図の面積 e で表される。また水質汚染による被害が右上がりの曲線 II で表されている。汚染レベルが N_2 を超えて大きくなると被害が出てくるとし、追加的な汚染に対する被害額は次第に増加すると想定される。汚染が N_2 から N_3 まで増えたときの被害総額は図の面積 b で表される。ここでの社会的最適は、汚染の被害総額と汚染対策費の総和を最小にすることであり、点 B で表される。

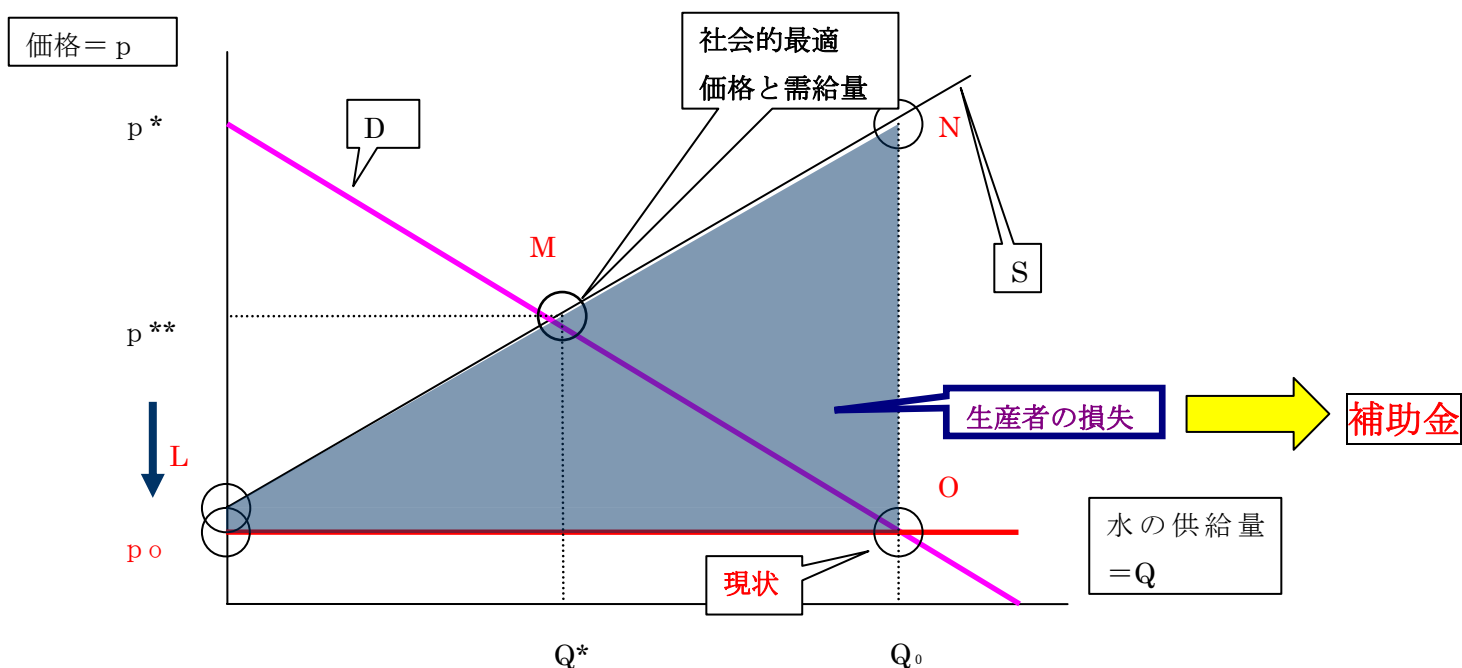
この図をバラナシ市だと仮定すると、バラナシ市におけるガンジス河の汚染物質（BOD）の量は N^* から N_1 の間にあると考えられる。たとえば N_1 の汚染量があったとするとオレンジで表される面積の分だけ被害が生じているものとされる。つまり適正な対策費用の負担がなされていないため、被害が生じている、と考えられる。



< 図 4 - 3 消費者余剰と外部不経済 >

このモデルは、外部不経済を考慮したときの水の需要と供給の関係を示している。ここで供給量が増加すると外部不経済が増加する理由は、水使用により種々の汚染物質が混入し、排出された際に水質汚染が生じてしまうからである。ここで述べる外部不経済とは、水道利用によって生じた環境被害＝水質汚染を改善するための費用、のことであると仮定する。この外部不経済曲線は0から q^* までの少ない利用量ならば水質汚染を改善するための費用は0であるが(自然回復能力によって改善される)、合計で q^{**} 分の利用量があると、追加一単位の利用量当たり p^* 分の費用負担をしなければ、環境保全＝水質保全は出来ないことを示している。バラナシ市においては水の供給量 q は q^{**} から q^{***} の間であると考えられる。

ではバラナシにおける、水の供給量と実際の料金体系はどう決まっているのだろうか。
現在インドにおける水道事業経営は公営によって行われている。このことは何を意味するのか。すなわち公営での水供給は、利益を追求した事業ではなく貧困層でも過不足のない水資源の使用が可能となるように事業を進めることを前提としているため、一単位当たりの水の価格が非常に安く設定されている、ということを示している。インドには未だ貧困層は多く存在しており、これらの人々を保護する必要があるためだ。つまり適正な費用負担(ここでは水道利用料金←水質改善のための費用)が行われていないことを示している。以上のことを踏まえ< 図 7 - 3 >を見てみる。



＜図 4－4 社会的最適価格と現状価格＞

＜図 4－4＞は、現行のインドのバラナシにおける一般的な水道利用量と価格設定を表している。このモデルにおける社会的最適点は、需要曲線Dと供給曲線Sとが交わる点Mで決まり、このときの水の供給量は Q^* 、価格pは p^{**} である。しかしながら上述のとおり現行ではインドの貧困層の水へのアクセスを可能にするため、利益追求の運営は行っていない。つまりこの図で示すところの p_0 の価格設定が行われていると仮定すると、 p_0 と需要曲線Dの交点であるOが現状となり、 Q_0 まで水を供給している¹⁸。このとき $\square LNO p_0$ が生産者の損失となり、補助金などでまかなわれなければならない。バラナシ市では下水道設備の運営にかかる全費用のうち、実に95%が補助金で支払われている。しかしながら赤字部分を補助金で補填しても、汚染は完全にはなくなっていない。汚染が深刻化していることは既に述べてきた。

それではなぜ汚染が深刻化している現状があるのか。それは現状で使用されている下水道設備がそのキャパシティーの限界を超えて汚水が排出されているからである。つまり新し

¹⁸ さらに漏水・盗水などの「不明水」の存在がある。

「不明水」とは取水、生産された水量から消費者の水道メーターで計量された水量を引いたものと定義され、バラナシにおける下水道料金徴収率は75%以下であり、25%以上が不明水となっている。これは下水道のインフラ自体の質の悪さや劣化、老化によって雨水などが混入するケースや、水道メーターの不整備または故障のために誰によって水使用が行われたかが分かる術がないケースなどのために生じる事態である。このロスが生じると＜図 7－4＞では、水の供給量が Q_0 より右にシフトし、生産者の赤字がさらに膨張する。

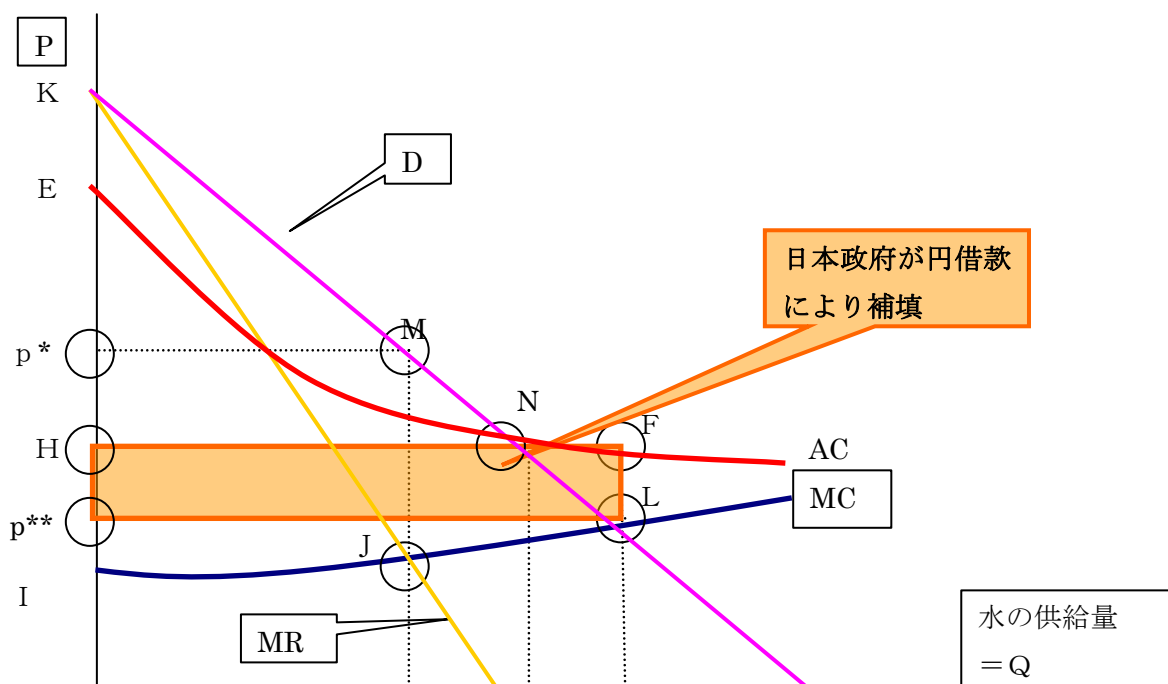
い下水道設備インフラを建設し、汚染を減らす必要がある。

しかし下水道設備インフラの建設コストは莫大であり、そのために新たな設備インフラを建設することは容易にはできない。現在バラナシ市で稼働を行っている下水道処理施設は劣化・老朽化が進み、一日に発生する汚水量のうちわずか 30%ほどしか処理をされておらず¹⁹いかに対策費用をかけようと試みても、かける設備がないのが現状なのだ。しかもその建設コストは莫大であり、現状のUP州の逼迫した財政では建設は不可能である。ゆえに汚染が進んでいく。

しかしここで日本国政府の協力により下水道プロジェクトが始まり、その莫大な建設コストを補填してもらうことができた。つまり巨大な固定費用を円借款により補填できた、ということである。そのことを以下の<図 4－5>、<図 4－6>を用いて表してみたい。

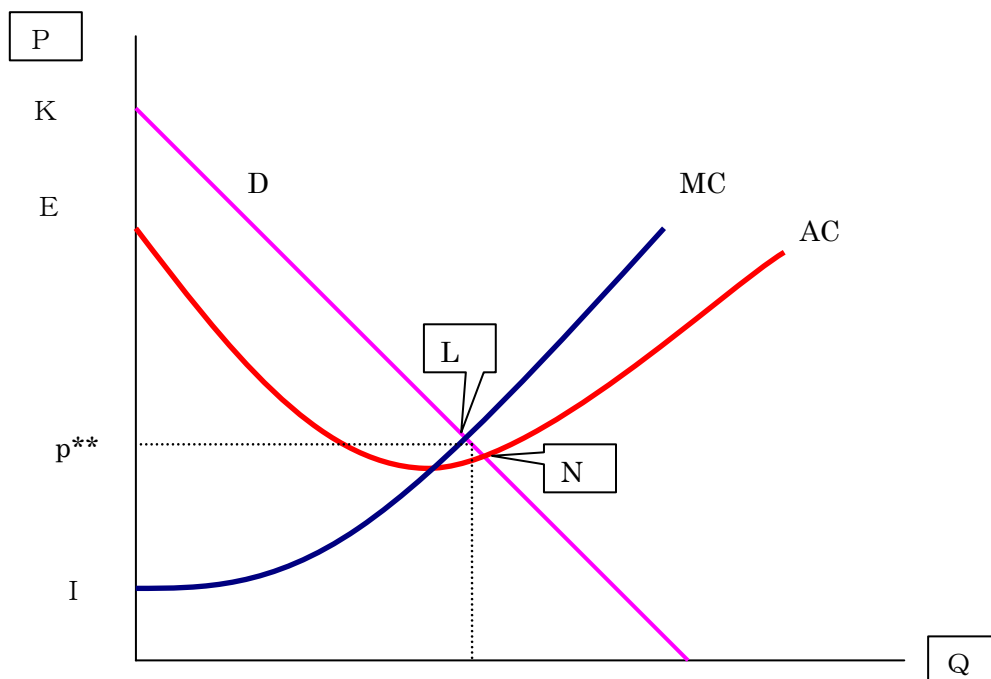
水道事業は規模の経済性が大きく、同一地域内にひとつの事業者が供給を独占する自然独占の状態である。規模の経済性が働く理由は巨大な固定費用が存在し、供給単位あたりの平均費用が低減しているからである。規模の経済性が働くと、大規模供給者は低い単価で供給でき、小規模生産者に比べて有利になる。したがって、新規参入は非常に起こりにくい。バラナシ市においても公営事業なので一つの事業者といえる。つまり自然独占の状態である。このことを念頭において<図 4－5>を見ていく。

¹⁹ 第三章<図 3－4>参照



＜図 4－5 バラナシ市における下水道運営事業者の自然独占型モデル
（日本政府の協力前）＞

この図 4－5 はのバラナシ市における下水道運営事業の自然独占型モデル（日本政府の協力前）を表している。ここで下水道運営 $AC > MC$ の理由は下水道インフラを建設するための固定費用が巨大なためである。この＜図 4－5＞において、自然独占であるため、下水道運営事業者の利潤が最大となる点は $MC = MR$ となる M であり、価格は p^* 、生産者余剰は $\square IJM p^*$ であり、消費者余剰は $\triangle Kp^*M$ である。しかし、その時 $\triangle MJL$ 分の死加重が生まれ、社会的に最適ではない。そこでこの時、社会的厚生を最大にするには $P = MC$ となる価格規制を行い、 $P = AC$ となる p^{**} に規制すれば、社会的厚生は $\triangle KIL$ と最大となり、パレート最適な状態と言える。しかし、下水道運営事業者にとって $AC > P$ となるため赤字となり、採算がとれなくなる、という大きな問題が生じる。このときの赤字分、 $\square p^{**}LFH$ を補助金で補填する方法はあるのだが、UP 州の財源は逼迫しており、その余裕はない。そこを日本政府の協力により補填してもらう、ということになる。上述のように、 $AC > MC$ の理由はその巨大な固定費用にあり、その固定費用分を補填してもらう、ということである。



＜図 4－6 バラナシ市における下水道運営事業者の自然独占型モデル
（日本政府の協力後）＞

＜図 4－5＞との違いは巨大な固定費用はなくなったので、AC 曲線が下にシフトしたことである。MC 曲線と AC 曲線が需要曲線と交わる点は＜図 4－5＞においては $N > L$ だったが、＜図 4－6＞においては $N < L$ である。この時、価格は p^{**} であり、点 L において社会的厚生も最大となる。したがって、下水道運営事業者にとって赤字は消え、補助金などの財政政策も不要となる。

—まとめ—

水使用者＝生活排水排出者が適正な費用負担をしていないがゆえに、水質汚染が進み、汚染物質＝BOD が増加してしまう。しかしそれは排出者ののみの責任ではなく、行政側も様々なしがらみにおいて適正な料金の提示が困難であり（コルカタ市の例など）、かつ使用量もメーターの不整備や不明水の存在などの理由により完全な情報はつかめていなかったゆえに料金の徴収も困難であった。そして費用から徴収した料金を差し引いた赤字部分は州政府が補助金により補填を行い、その結果、財政も逼迫されていた。加えて人口の急激な増大に伴い使用量も増えたことで設備の過剰利用が起き劣化が進み、かつ年が経つにつれ老朽化が進んだ下水道設備では現状の汚染された水の水質改善を行うにはキャパシティが足りなくなっていた。しかしながら逼迫した財政のため、新たな下水道インフラ設備の整備を行う財政的な余裕もなかった。

そこで日本国政府との協力のもと、JICA、JBIC などの技術協力や円借款を得て、固定費用の日本による補填が可能となることで、新たな下水設備インフラ構築するなどが可能と

なり、これらの設備を使用することで、2030 年を目標に大部分の汚染は改善されると思われる。しかしこれらを維持管理していくためには維持管理コストがかかる。そのコスト負担を行うためには、下水道料金の徴収率を上げることが至急の課題となる。

＜4－2 ガンジスカワイルカの保全に向けて＞

ここからガンジスカワイルカの生息環境の保全という観点から考察を加えていきたい。

ガンジスカワイルカを絶滅から救うためには、生息環境の整備、つまり水質保全が大前提となる。すなわち本論では BOD を削減するということである。よってガンジスカワイルカの絶滅を阻止すること＝汚染を減らすこと、とイコールで結ばれるとする。そして現在日本政府の協力により、下水道設備のインフラが建設されることが可能となり、大幅な水質改善が行われると予測されていることはこれまで述べ、論証も行った。

しかしあくまで円借款によって、日本より資金を調達して下水道設備を建設したのであり、これから返済をしていかなければならない。加えて、設備の拡充が行われた、または行われている、ということは当然維持管理をするための費用の負担も増えることになる。しかしながら現状のバラナシ市では、既存の設備の維持費用さえ、95%が補助金で成り立っている。これでは新設・増設された分の維持費用はまかなうことが非常に困難だと言える。つまり維持管理コストが負担されないがために、せつかくの下水道設備の運営も困難となってくる恐れがある。すなわち「適正な費用負担の拡充」が早急の課題となってくると言える。そうすることでガンジスカワイルカの絶滅を阻止することにつながり、また環境森林省国家河川保全局(NRCD)の定める沐浴用水質基準度 BOD3mg/L の達成も可能となってくると考える。ガンジスカワイルカと沐浴との「共生」である。しかし水はベーシック・ヒューマン・ニーズであり、この公共料金の値上げは常に慎重を期さなければならない、ということは念頭に置かなければならない。

さらにこの日本政府（JICA、JBIC）による下水道スキームは出口、つまり排出された後の汚染された水をいかに改善していくかが焦点であり、入り口、つまり生活排水の発生抑制などのインセンティブを与えるものではない。周辺住民の意識向上への取り組みなどがあるが、私はこの取り組みをさらに強化するべきだと考える。

ここで私は下水道料金の徴収率を上げることと、生活排水の発生抑制のインセンティブを与えることを目的としてガンジスカワイルカを観光資源とした、ガンジスカワイルカウォッチングの観光形態を提案し、その可能性を探りたい。

バラナシ市には、国内・国外問わず多くの観光客が集まってくる。その数は年間に 100 万人を越える。そして特に海外から訪れた観光客がガート（沐浴場）で沐浴を行っている姿

や、‘プジャ’と呼ばれる祭りを見物するためにボートをチャーターし、ボート上から対岸で行われているそれらを見物する、ということが日常的に行われている。それらのボートは7kmに渡るガートにところ狭しと並んでいる。つまりガンジスカワイルカウォッチングを行うためのボートは既に現地住民は所有している、ということになり、イニシャル・コストはゼロとなると考える。沐浴を行っている姿や‘プジャ’などを見物するためのボートを、カワイルカを見るためのボートとして代替することは可能である、と考えるからだ。さらに世界にはカワイルカウォッチングの観光形態が存在する。ホエールウォッチングを想像していただければ分かりやすい。つまりガンジスカワイルカを見たいという需要は潜在的にあると考えられる。実際、インドに訪れる旅行者の間では、バラナシ市においてガンジスカワイルカを見た旅行者は幸せになれる、という話が流布しており、その存在もよく知られている。

カワイルカウォッチングの実態として南米のアマゾンのアマゾンカワイルカを巡るツアー、香港、東南アジアなどにおいて、イルカウォッチングを目的とした観光が成り立っている。第一に挙げた「ピンクカワイルカ」として知られるアマゾンに生息するアマゾンカワイルカなどはその典型である。さらにイルカウォッチングの成功が顕著な香港の例を挙げる。

「香港インセンティブツアー」というツアー名で、香港では西部のランタオ島沖だけに生息するというピンクドルフィン（学名：中国白イルカ）のウォッチングツアーを行っている。現在生息数は150頭ともいわれ、絶滅の危機に瀕しており、その貴重な生態を学び、環境保全に役立てるため、ツアーを行っている。このツアーでは、もしイルカが見られなかった際、再度ツアーに参加できる無料券がもらえる。このツアーは予約をしなければ参加できないほど活況を呈している。

さらに東南アジアでもカワイルカウォッチングは行われている。この東南アジアを流れるメコン河に生息しているのはカワゴンドウであり、誤った呼称ではあるが「メコンカワイルカ」として知られている。カワゴンドウは海洋性のイルカであり学術的にはカワイルカではない。しかし、もとは海水性であっても、淡水の生活に適応している。カンボジアの北部のクラチェ県カンピ村ではツアーを行っており、地域住民の貴重な収入源となっている。

そして現在日本を始めとして世界各国でカワイルカに対する研究が進んでおり、カワイルカに対する注目度は高まっている。例えば東京大学生産技術研究所海中工学研究センターの浦環教授を中心とする鯨類観測工学チームは、ガンジスカワイルカの世界初の超音波調査を行い、そのクリック音を録音するなど、その生態系に迫っている。NGOの活動も活発であり、例えば30年以上の歴史を持つアースウォッチというNGOはアマゾンカワイルカの保護に尽力している。

以上よりバラナシ市における、観光形態としてのガンジスカワイルカウォッチングの実現の可能性はコストの面からも需要の面からもありうると考えられる。

終章 結論

インドにおいて、1980年代からの人口の急激かつ大幅な増加によりガンジス河の汚染は深刻化の一途をたどった。その主たる要因は生活排水であった。それはヒンドゥー教というインド特有の文化のもとで、ガンジス河が「全てを洗い流してくれる聖なる河」という認識が、あらゆるものを河に投棄するということを助長した結果、汚染がさらに進んだことの帰結であった。そして BOD の増加や大腸菌、またカドミウムなどの猛毒類が河に流れ、その影響により人々への健康被害が起こり、ガンジスカワイルカが絶滅の危機に追い込まれてしまった。

本論ではこの汚染を食い止め、ヒンドゥー教徒にとって非常に重要である沐浴を何の気兼ねもなく行うことができ、ガンジスカワイルカの絶滅を阻止すること～沐浴とガンジスカワイルカの「共生」～を目的として論証してきた。そしてインド政府と日本国政府（JICA、JBIC）の協力による現行の対策をモデル化し、検証した。そして下水道設備稼働のための維持管理費用の負担、つまり下水道料金の徴収率を上げることが緊急の課題であることが分かった。そのためにガンジスカワイルカを観光資源とした観光形態、ガンジスカワイルカウォッチングを提案した。ガンジスカワイルカウォッチングのためのボートは既に存在するため、イニシャルコストはゼロと考えられ、さらに世界のさまざまな地域でイルカウォッチングツアーが行われており成功をしていることから、観光形態としてのガンジスカワイルカウォッチング実現の可能性はあると考えられる。そしてその実現により、経済的な収入を得ることから下水道料金の負担が軽減され、またガンジスカワイルカを観光資源として見るようになり、保護するために生活排水の発生抑制インセンティブにつながるのではないかと考えた。

2006年に、有史以来初となる哺乳類クジラ目の絶滅となってしまったヨウスコウカワイルカの後を追う形でガンジスカワイルカが地球上から消えてしまわぬよう、その生息環境の保護を心より祈り、結びとする。

<参考文献>

～書物～

- 『インド国 ガンジス川汚染対策流域管理計画調査 最終報告書』 独立行政法人 国際協力機構、環境森林省 国家河川保全局(インド)、(株)東京設計事務所、(株)建設技研インターナショナル 2005 年
- 『ミクロ経済学』 井堀 和宏 1996 年 新世社
- 『環境経済学』 柴田 弘文 2002 年 東洋経済新報社
- 『公共経済学』 奥野 信宏 1996 年 岩波書店
- 『中国の世紀』 藤村 幸義 2001 年 中央経済社
- 『川に生きるイルカたち』 神谷 敏郎 2004 年 東京大学出版会
- 『喪失の国、日本』 M.K.シャルマ 2004 年 文芸春秋社
- 『21 世紀のアジア国際河川開発ーガンジス・プラマプトラ、サルウィーン、メコンー』 アシット・ビシワス/橋本強司編著 (株)レックス・インターナショナル訳 1999 年 勁草書房
- 『インドの上水政策の分析 三菱総合研究所 所報 38 号』 三菱総合研究所 服部 圭郎 2001 年

～ホームページ～

- 『国際連合広報センター』 <http://www.unic.or.jp/>
- 『独立行政法人 国際協力機構』 <http://www.jica.go.jp/Index-j.html>
- 『WWF ジャパン』 <http://www.wwf.or.jp/>
- 『国際協力銀行』 <http://www.jbic.go.jp/japanese/oec/>
- 『経済産業省』 <http://www.meti.go.jp/report/data/g70528aj.html>
- 『環境省』 <http://www.env.go.jp/>
- 『総務省』 <http://www.soumu.go.jp/s-news/index.html>
- 『wikipedia』 <http://ja.wikipedia.org/wiki/>
- 『社会実情データ図録』 <http://www2.ttcn.ne.jp/~honkawa/index.html>
- 『EICネット』 <http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=3340>
- 『香港インセンティブツアーガイド』
http://www.discoverhongkong.com/jpn/touring/i-tour/program_2.html
- 『独立行政法人 国立環境研究所』 <http://www.nies.go.jp/index-j.html>
- 『横浜市環境創造局環境活動推進部環境科学研究所環境監視センター』
<http://www.city.yokohama.jp/me/kankyuu/mamoru/kenkyu/kanshi/wordw/bod.html>
- 『国土交通省関東地方整備局 京浜河川事務所』
<http://www.keihin.ktr.mlit.go.jp/index.htm>