ロンアン省における 地下水過剰取水問題

大沼あゆみ研究会 11 期

水班

塩田祐己 高木 悠 般若麻友子 見浪哲史

<u>目次</u>

序章

第1章 ベトナムについて

- 1-1 ベトナムの概要
- 1-2 ベトナムの工業団地
- 1-3 ベトナムの水事情

第2章 ロンアン省について

- 2-1 ロンアン省の概要
- 2-2 ロンアン省の農業
- 2-3 ロンアン省の工業

第3章 地下水について

- 3-1 地下水の過剰取水
- 3-2 過剰取水による弊害
- 3-3 人工涵養について
- 3-4 熊本県での人工涵養例
- 3-5 ロンアン省での人工涵養

第4章 モデル分析

- 4-1 分析の目的
- 4-2 政策提言
- 4-3 分析の前提
- 4-4 利潤最大化
- 4-5 政策の分析
- 4-6 需給均衡

第5章動学的分析

- 5-1 分析の目的
- 5-2 分析の前提
- 5-3 定常状態の地下水ストック
- 5-4 政策の分析①
- 5-5 政策の分析②

結章

参考文献

参照

<u>序章</u>

浄水や下水処理などの水道設備が整う以前、人々は清潔な水資源の1つとして地下水を生活用水として利用していた。昔の日本においても、地域で1つの井戸を共同利用し、また家の敷地内に井戸があることも珍しいことではなかった。それが今では蛇口をひねるだけでそのまま飲用可能な浄水が出てくる時代となった。しかし途上国では、今もなお水道インフラが未発達な場所が多く、そこで暮らす人々が生活用水としての地下水に依存しているケースは少なくない。このような状況に加え、コストを最小限に抑えたい先進国の企業が途上国へ進出し、地下水を利用するケースもあり、地下水需要は増加傾向にある。このような地下水需要の増加に伴って、地下水ストックの減少・枯渇が大きな問題となっている。また、地下水位の低下は、地盤沈下や海水流入による塩害などの二次災害を引き起こす危険性を秘めている。本論文では、途上国の中でも特にベトナムのロンアン省に焦点を当て、どのような問題が起きているのかを論じた後、政策提言・モデル分析により地下水保全の仕組みを検討していく。

第1章 ベトナムについて

1-1 ベトナムの概要

ベトナムは、インドシナ半島の東の海岸線に沿って南北に 1,650km という細長い国土を有する。国土の北部は中国に、中部は山脈を挟んでラオスに接し、南部はメコン河を共有するカンボジアに隣接している。国土は S 字型をしており、最も東西に長い部分で 400km、短い部分で 50km である。面積は 32 万9,315k ㎡と日本の国土面積から九州を差し引いた面積にほぼ等しい。現在の人口は約8970万人(2012年)で人口の約70%が農業に従事している。北部、南部にはそれぞれ肥沃で生産性の高い紅河デルタ、メコンデルタという2つのデルタ地帯があり、米をはじめとする農業が盛んである。両デルタ地域における農業生産額は全国の合計の約6割を占めており、ベトナムはこの両デルタ地域を中心に経済発展を遂げてきていると言える。

ベトナムの気候は全体的には熱帯モンスーン気候に属するが、南北に長い国土のため気候は多様である。ハノイを中心とする北部は、正確には亜熱帯気候に属しており、四季が存在する。 $1\sim4$ 月は日本の秋のような涼しさであり、霧雨が降ることもある。 $5\sim9$ 月が最も暑く 40° C以上になることもあり、特に $7\sim9$ 月は雨期にあたるために、多湿で不快指数が高くなる。そのため、快適な生活を送ることが出来る時期は $10\sim11$ 月に限られている。中部と南部は雨期と乾期からなる。中部の雨期は $9\sim11$ 月で、 $8\sim9$ 月は台風の上陸が多い。 $5\sim8$ 月は暑く、ハイバン峠を隔てて南のフエは高温多湿だが、南のダナンでは空気が乾燥しており気温が 40° Cまで上昇すると日差しが痛いほどである。中部でも山岳高原地帯は 1 年の平均気温が 20° C程度と涼しく、天気が変わりやすい。中でもダラットはベトナムの軽井沢と呼ばれる避暑地であり、野菜や花樹栽培が盛んである。南部は 1 年を通じて気温の変化が少なく、1 25~35~程度である。雨期は 1 4~11 月だが、雨期以外にもシャワーのような雨が短時間降ることがある。1

_

¹ 外務省 在外公館医務官情報 ベトナムhttp://www.mofa.go.jp/mofaj/toko/medi/asia/viet.html 11月20日訪問



出典:外務省 HP

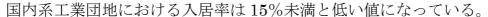
1986年のドイモイ政策2以降、ベトナムは中国や他のアジア主要国と同様に高 度経済成長を実現した。農業分野も著しい成長を遂げ、世界有数のコメ輸出国 となった。都市部を中心とした工業化が進んでいるために農業人口は減少傾向 にあり、GDP に占める農林水産業の割合は徐々に減ってきているが、今なお約 20%を占めており、これは他の途上国に比べると非常に高い割合となっている。 ハノイやホーチミンなどの大都市を中心とした工業化・都市化の発展も目覚ま しく、第二次産業にあたる工業・建設の割合は40%以上を占め、年々その比率 も高まっている。また、積極的な外資導入により「世界の生産基地」として注 目を浴びるようになり、全方位外交を展開する中で国際社会での評価も高まっ ている。現在では、ベトナムは単なる生産基地としての評価のみならず、新た な消費市場としても注目されている。市民の所得向上による富裕層の誕生や、 2020 年における人口予測が 1 億人を突破する見通しであることなどによるも のである。それに伴い工業団地も次々と形成されているが、インフラの未整備 や工場の不十分な排水処理などが原因で、大気汚染や河川の水質汚濁などの環 境問題が近年深刻になってきている。本論文ではその環境問題の中でも、工業 団地に入居した多数の企業による地下水の過剰取水問題について取り上げる。

² ドイモイとは、1986年12月に開催された第六回ベトナム共産党大会で決議されたスローガンに由来する。日本語で「刷新」と訳されるドイモイは、その名の通り従来の計画経済から市場経済への大きな転向を目指していた。具体的には、「企業の自主的裁量権の拡大」、「農業請負制の促進」、そして「海外資本の直接導入」の推進である。

1-2 ベトナムの工業団地

ベトナムでは、1986年に市場経済への移行を目的とするドイモイ政策が採択 され、1987年に外国投資法が制定された。これにより、外資を導入して工業化 を図る方針が打診されたが、産業のインフラが未整備であったことから、外資 系企業の受け皿として工業団地の整備が開始された。ベトナムにおける工業団 地は、1994年12月28日の政府議定書によると、「工業生産とそれを支援する サービスに特化した地域で、住民の居住を認めない」と定義されており、あら ゆる経済分野のベトナム企業と外資系企業が入居できると規定されている。工 業団地は、輸出加工区、工業区、ハイテク区の3種類から構成されている。こ のうち最初に規定されたのが、1991年に輸出品の製造に特化する企業の集積を 目的として整備された輸出加工区である。しかしこれは、ホーチミン市にある 一部の成功した事例を除いて、道路や水道などのインフラの未整備、立地条件 の悪さ、開発業者の資金難やノウハウ不足、ベトナム国内での販売を考える企 業からの不人気などが原因で、企業の参入があまり進まなかった。これを受け て、政府は1994年に工業区関連政令を発布し、輸出義務などの制約条件を緩和 した工業区の整備が始まり、1995年には輸出加工区から工業区への転換を認め ることとし、輸出加工区は一部の成功した区を除いて全て工業区に転換するこ ととなった。1997年に公布した工業区関連政令によって研究開発型企業の集積 を目的とするハイテク区が整備され、これを加えた3種類の工業団地を総称し て工業区と呼んでいる。

1997年にアジア通貨危機が起こった際には、外資系企業の進出が急減、内需低迷などから 1997~99年にかけて経済成長が鈍化したものの、2000年以降は鉱工業・建設分野の牽引や投資環境の改善などで経済は再び活性化し、経済成長率は2005~07年に8%を超える高い水準で経済成長が推移している。さらに、2008年秋以降の世界金融危機の際には、輸出や海外からの直接投資が落ち込んだものの、内需が根強く、経済成長率は08年に6.2%、09年に5.3%に低下し、2010年には6.8%にまで上昇した。また、インドネシア、フィリピンに次ぐ東南アジア第3位の人口を持つことから、先進国の生産拠点としても注目されており、日本をはじめとする外資系企業が各国から次々と進出している。それに伴い工業団地も増加しており、2012年3月時点でベトナム全国に約270の工業団地がある。ベトナム国内系の工業団地と外資系工業団地が存在し、ベトナム政府統計によると、外資系工業団地における入居率が80%以上であるのに対し、





出典:外務省 HP

1-3 ベトナムの水事情

ベトナムは高密な河川ネットワークを有しているが、国際河川(紅河及びメコン川)への依存度が比較的高く(メコン川にいたっては流域面積の 90%以上がベトナム国外に位置)、上流国での水資源開発・利用の影響を受けやすい立場にある。6~7か月続く乾季には河川流量が 15~30%に減少する。

水資源の状況

	ベトナム		【参考】日本	
年間降水量	1,821mm/年	(2011)	1,668mm/年	(2011)
水資源賦存量	884.1km³/年	(2011)	430km³/年	(2011)
地表水	847.7km³/年	(2011)	420km³/年	(2011)
地下水	71.42km³/年	(2011)	27km³/年	(2011)
1人当たり	9,957m³/人·年	(2011)	3,399m³/人·年	(2011)
水資源賦存量				
取水量	82.03km³/年	(2005)	90.04km³/年	(2001)
農業	94.78%	(2005)	63.13%	(2001)
工業	3.747%	(2005)	17.55%	(2001)
水道	1.47%	(2005)	19.32%	(2001)
1 人当たり水使用量	965m³/人·年	(2005)	714.3m³/人·年	(2001)
水資源への負荷 ^{注 1}	9.259%	(2005)	20.93%	(2001)
水資源の他国依存度 ^{注 2}	59.35%	(2011)	0%	(2011)

注 1: 淡水取水量(取水量 - 造水量 - 二次利用水)÷水資源賦存量 注 2: 国外から得ている水資源賦存量の割合 出典: 国土交通省 上の表から分かる通り、水資源の量は日本と比較するとかなり多いように思えるが、ホアン・チュン・ハイ副首相(2010年1月に開かれた「水資源と持続可能な開発」をテーマとしたセミナーでの発言)によれば、ベトナムは実際には水不足の危機に直面しており、数字とは裏腹に実際にアクセスできる水資源が少ないという。水不足の原因としては気候変動、人口増加、無計画な水利用、水の浪費などが指摘されている。また工場の排水が垂れ流しにされており、水処理施設は少ないため、河川の水質汚濁も深刻になっていることも原因として挙げられる。農業用水や地下水には基準値を大幅に超える有害物質が含まれているとされており、人々の生活に悪影響をもたらしている。

水不足や河川の水質汚濁から、ベトナムにおいては地下水が積極的に利用されてきた。古くは生活用水や農業用水として利用されてきたが、近年では前節で述べたような工業化が推進された結果、工業用水としての需要が増えてきている。特にホーチミンやハノイのような大都市においては、国内企業のみならず海外企業の進出が目覚ましく、安価で比較的綺麗な地下水が積極的に利用されている。この一部地域における工業用水の需要増加によって、ホーチミンやハノイでは自然回復量を上回る地下水が取水されており、第3章で紹介するような地下水過剰取水問題が起こっている。本論文で焦点を当てるロンアン省においては、まだ大都市圏で見られるような深刻な地下水過剰取水問題は生じていないが、近年の工業化によって同様の問題が十分に起こり得ると考えられる。

第2章 ロンアン省について

2-1 ロンアン省の概要

ベトナムは約60の省に分かれており、本論文ではそのうちの1つ、ロンアン省に着目する。ロンアン省は、ベトナム南部に東西にまたがるように位置しており、以南に行く場合には必ず省内を通らなければならないため、3メコンデルタ地帯の玄関口として知られている。メコンデルタ一帯は熱帯モンスーン気候に属す。



出典: Business in Asia.com

省内の森林面積は約58,000haであり、これは省全体の10分の1にあたる。主要産業の1つとして、国内向けの建築材料としてのユーカリの木が生産及び伐採されている。他にも省内には、「ヴァム・コゥ・ドン川」と「ヴァム・コゥ・タイ川」の2つの大きな川が流れており、網の目状に川が流れ運河と繋がっている。この豊富な水資源は町の屋台骨である農業を支えており、多くの住人はこの水資源を活かして日々生活を営んでいる。農業においては、稲作とカシューナッツ栽培が主要であり、輸出を主目的とした稲作が大々的に行われている。このように、ロンアン省は豊富な自然資源を保有していることを特徴とする。

インフラについては、ベトナムの他の地域と同様、まだ整備途中の段階にあ

9

³ ロンアン省以南の地域

る。また、ベトナム南部に行くためにはロンアン省を通らなければならないため、慢性的な交通渋滞が問題となっている。水道管の老朽化や高い漏水率のために、水道水は住人や企業に満足に行き届いていない。これらの問題の解決にはまだ少し時間がかかるとみられており、現在は水道水の代替水源である地下水が省内では広く利用されている。つまり、地下水資源が生活水・農業用水・工業用水などに利用され、住民の生活を支えているのである。

近年、その豊富な天然資源により、ロンアン省に注目する企業が増加している。主要都市であるホーチミンに近いということもあり、ロンアン省内部では工業団地の開発が進行しており、町の風貌が大きく変わろうとしている。ロンアン省内の工業団地は、ホーチミンへのアクセスの良さに加えて、その地代や賃料の安さから注目を浴びており、ベトナム政府は海外企業の工場誘致を盛んに行っている。これにより、工業団地開発を中心に、ロンアン省の工業化が今後進行していくことは確実であろう。

次節からは、豊富な資源によって支えられてきたロンアン省の農業・工業と、 水資源の関わりを見ていく。

2-2 ロンアン省の農業

メコン川下流のデルタ地帯に位置するロンアン省は、豊富な水資源と肥えた 土地を有しており、農業に適した町であると言われている。稲作を中心として 発展してきた農業は、元来モンスーン気候の特徴を活かした、雨水による農業 が盛んであった。すなわち、雨が続く5月~11月の間に農業を行うというもの であった。しかし、灌漑設備が整っていくに従って、次第に乾季にも稲作が行 えるようになり、今では1年中農業を行うことが可能となっている。

現在のロンアン省では、二期作が主流である。4月に最初の雨が降ったときから稲作が始まり、最初の収穫は10月に行われる。その後再び間を空けることなく次の稲作が始まり、これは2月に収穫される。この計2回の年中を通して行われる稲作が、代表的なロンアン省の稲作スタイルである。2月~4月の間は休耕田期間であり、一切の農業は行われない。

ロンアン省を通る「ヴァム・コゥ・ドン川」と「ヴァム・コゥ・タイ川」という2つの大きな河川は、灌漑用水路の水源としての役割は十分であり、数多くの農家へ乾季においても水を供給している。灌漑用水費用は、水田の面積に応じて決められ、農民が使う水量とは無関係となっている。





出典: GOVAP 便り

2-3 ロンアン省の工業

現在ロンアン省には19の工業団地が存在しており、この章の初めで述べたよ うなロンアン省が持つポテンシャルから、今後さらなる工業団地の創設が期待 されている。ロンアン省より先に工業地としての開発が進んでいたホーチミン では、近年土地の供給量が足りなくなってきているため、ホーチミンとの距離 が比較的近く、地代・賃金が相対的に安いロンアン省が注目されるようになっ た。4現在、工業団地などの海外投資案件は約270件あり、そのほとんどは台湾、 韓国、中国などのアジア各国からのものとなっている。このように、海外から の投資を受けて、ロンアン省では現在工業化が進められており、ロンハウ工業 団地5のような大きな工業団地が続々建設されている。工場が使用する水資源は、 工業団地内の取水設備や、工業団地に隣接する複数の団地に取り付けられた取 水設備から引かれている。取水設備の水源はいずれも地下水に依存しており、 その理由としてインフラが未発達であること及び、費用が格段に抑えられるこ とが挙げられる。しかし、ベトナム内で先に工業化した地域が経験したように、 工業化による地下水需要の増加は、次章で挙げるような深刻な地下水問題を引 き起こす。ロンアン省の工業化も、何の対策も行われないのであれば、他のべ トナムの地域と同様な地下水問題を起こす恐れがある。従って、ロンアン省に おいて、次章で述べるような地下水問題が顕在化する前に何らかの対策が必要 であると考えられる。

^{4 「}ロンアン省工業団地案内」より

^{5 37}p を参照

第3章 地下水について

本章では一般的な地下水の概要と、過剰な取水に対する措置として考えらえ る人工涵養について説明する。また、人工涵養がロンアン省への対策として適 切であるかどうかについても言及していく。

3-1 地下水の過剰取水

地下水とは、河川や湖沼などの地表水に対し、地下に存在する水の総称であ る。不透水層6によって上下に挟まれたところに位置する透水層部分が、いわゆ る帯水層と呼ばれる地下水を含む層である。



帯水層の水を使うには、地面を掘削し、ポンプなどを利用して汲みあげる必 要があり、汲みあげた水は用水路に流すことによって広く利用されるようにな る。また、帯水層内の圧力によって水が自然に湧き出る場合もあり、その場合 には、井戸を作るなどして水資源を利用する。どちらも初期費用がかかるが、 広大な取水・貯水施設を必要としないため、維持管理の費用を少なく抑えるこ とができる。これらのことに加え、水質が非常に良好であり、地下水は昔から 多くの人々に農業用水・工業用水として重宝されてきた。

雨水や河川などの表流水の一部は、土壌に染み込み、ろ過され地下水となる。 この作用を涵養という。涵養によって水は帯水層に再び蓄えられるので、地下 水は再生可能資源に分類することができる。しかし、不透水層が存在すること や、土壌によって水が染み込むスピードに大きく差があるため、特別な措置を 施さない限り十分に時間を置かなければ帯水層の水位は取水前の状態には戻ら ない。涵養を待たずに取水を行い続ければ、帯水層は枯渇し、利用不可能なっ てしまう。地下水は通常、再生可能資源に分類されるべきものであるが、条件 によっては再生不可能資源にも移転しうるため、利用に際して注意を払うべき

⁶ 地層を構成する砂礫や岩石の隙間が小さく地下水を通しにくい、または、通さない地層

資源なのである。

3-2 過剰取水による弊害

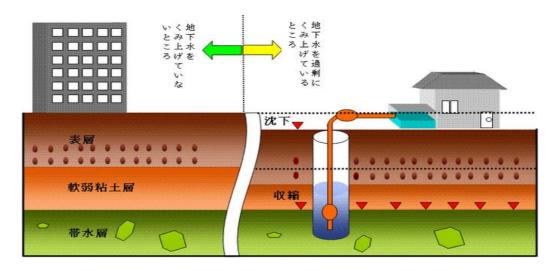
地下水は過剰に取水することによっていくつかの弊害を発生させる。ひとつは、前節でも述べた枯渇である。現在までに帯水層が枯渇した例はあまり見られないが、帯水層から水を引いている井戸の枯渇は、アメリカやインドをはじめとした多数の国で発生してきた。一度枯渇した井戸は、地下水位が回復しなければ再び利用することができず、自然回復を待つには時間がかかる。回復スピードは土壌の質によって変わるので、再び井戸が利用可能となるのかどうかは、調査を行わなければ判断することはできない。また、短い期間に地下水を大量に取水すると、地下水位が急激に下がり、それによって次に挙げる2つの弊害が引き起こる。

a. 地盤沈下

帯水層内の水位が低下すると、上下を挟んでいる不透水層に含まれて いた水分が帯水層内に流入する。その結果、不透水層が収縮し、その収 縮した一部地域で地盤沈下が発生する。帯水層も共に部分的に収縮され るが、その代わり帯水層以外の部分の水圧の影響により帯水層が拡大し、 土地の抜け上がりの現象を伴う。このようなプロセスを経て、最終的に 広範囲に渡り地盤が沈む現象を地盤沈下という。一度沈下した地盤が元 に戻ることはほとんどなく、対策としては発生抑制をすることが第一と なる。ロンアン省より早く工業化が進行したホーチミン市では、既にこ れらの地盤沈下の被害が 15 年前より確認されており、現在も年に 2.5 cmの割合で、沈下が進んでいると言われている。このまま沈下が進んで いくと、海抜が低いが故に設置された洪水防止施設を無効にさせる恐れ がある。また、地盤が沈下すれば排水溝も同時に沈下するが、その一方 で潮位は増加しているため、雨が降ったときに水がはけないようになっ てしまう。雨季に頻繁に起こる洪水はこのことが原因となっている。今 後、さらなる工業化が見込まれるロンアン省でも、ホーチミンと同様の 問題が起きる可能性は十分にあると考えられる。以下に、地盤沈下を簡 単に図示したものと、ホーチミンでの地盤沈下の写真を記す。

地盤沈下のメカニズム

帯水層内の水位低下→上下の不透水層の水分が帯水層内に流入→不透水層の収縮→地盤沈下



出典:大阪府ホームページ



出典: VIETJO

b. 塩水化

ロンアン省などの海岸に位置する地域では、地層の下に海水が存在し、 地下水位の低下によって、底面に存在する海水が帯水層に侵入すること がある。塩水が侵入することで、淡水である地下水の塩分濃度が上昇し、 人々の生活水や農業用水としての役目を果たせない状態にまで悪化する可能性が生じる。地下水に塩水が流入することを塩水化といい、それが原因で起こる諸被害を塩害という。ベトナムの南西部に位置するロンアン省では、一部地域は太平洋と接しているため、それらの帯水層では塩水化が進行しており、今後の工業化に伴いさらに悪化する可能性がある。

どちらの弊害にしてもロンアン省で発生・悪化する可能性は大いにあると考えられる。これらの弊害が同時多発的に発生・悪化してしまうと、ロンアン省内のインフラや農業に大きな影響を与えてしまいかねない。大きな被害が起こることを防ぐためにも、地下水の過剰取水は解決しなければならない問題なのである。

3-3 人工涵養

過剰に取水した地下水を再び増加させる方法として考えられる政策の1つとして、人工涵養が挙げられる。これは、雨水や雪解け水などによる地下水ストックの自然回復作用を応用し、水道水や河川水などを用いて人為的に涵養する方法である。既に取り入れられている人工涵養の方策がいくつかあり、「深井戸に水を直接注入する方法」・「透水マスを利用した方法」・「ため池や水田を利用した方法」などがある。その中でも、本論文では水田を利用したものに着目する。理由としては、ロンアン省では水田が豊富にあること(7総面積 4100 へクタール)、また、雨期・乾期の存在に起因する稲作を行わない期間(休耕田)があることが挙げられる。また、水田における人工涵養は地下水位の上昇だけでなく、土壌病中の駆除・土壌機能回復などの効果も見られることから、農業効率をさらに上げることも見込まれる。人工涵養の成功例として、次節では、熊本県の事例を紹介する。

3-4 熊本県での人工涵養例

人口涵養が実際に行われた例として、熊本県の白川中流域(大津町、菊陽町) の事例が挙げられる。元来より、熊本県の白川中流域は地下水都市とも呼ばれ ており、地下水に富んだ地域であった。水田農家の灌漑農法によって、この地

7 VOV5, 2012.12.14, 『ベトナム各地に広がる「大きな田んぼ作り」プログラム』より

域は長い間地下水を利用してきたが、米の生産調整による減反政策や、都市開発により豊富な地下水位が大きく減少し、湧水8の枯渇が生じた。その対策として、平成16年より市が主導して行った対策が、水田での人工涵養である。具体的には、まず、人参や大豆の栽培を行う前後の1ヶ月~3ヶ月間、農家に白川から河川水を引くことによって水田に水を張ってもらう。その後、農家が実際に行った涵養面積と期間に応じて、市が農家に助成金を支払う(栽培された米を買う)。このように、農家と市が協力して取り組み、地下水ストックを増やすことを目的とした事業が、"ウォーターオフセット"と呼ばれるものである。すなわち、人工的に涵養することで地下水ストックを増やし、取水分を相殺するという政策である。次章では、この"ウォーターオフセット"をロンアン省に導入した場合を想定して、モデル分析を進める。

白川中流域周辺は阿蘇山の噴火による火砕流堆積物や有機質火山灰土からなる地層が構成されている。これらの物質は水の浸透率が高いことから、白川中流域では他の地域と比べると $5\sim10$ 倍の速さで水が浸透する。実際に、白川中流域では、年間 9000 万トンの涵養に成功し、地下水位が回復した実績がある。生産される米 5kg に換算すると、実に 100 トンもの地下水を回復させていることになる。

白川中流域の水田を活用した地下水かん養事業実施状況

	熊本市		事 業 者				
年度	協 力 農家数	水張り実施 延べ面積	推定かん養量	事業者 数	水張り実施 延べ面積	推定かん養量	総かん養量
16	298 戸	約 255ha·月	約 765 万㎡	2 社	約 36ha·月	約 108 万㎡	約 873 万㎡
17	359 戸	約 251ha·月	約 753 万㎡	3 社	約 33ha·月	約 99 万㎡	約 853 万㎡
18	385 戸	約 326ha·月	約 978 万㎡	3 社	約 63ha·月	約 188 万㎡	約1,166万㎡
19	439 戸	約 402ha·月	約1,206万㎡	3 社	約 72ha·月	約 216 万㎡	約1,422万㎡
20	432 戸	約 472ha·月	約1,416万㎡	3 社	約 74ha·月	約 221 万㎡	約1,637万㎡
21	440 戸	約 486ha·月	約 1,458 万㎡	4 社	約 73ha·月	約 219 万㎡	約1,677万㎡
22	441 戸	約 476ha·月	約1,428万㎡	4 社	約 74ha·月	約 222 万㎡	約1,650万㎡
23	472 戸	約 559ha·月	約1,677万㎡	4 社	約 70ha·月	約 210 万㎡	約1,887万㎡

出典:くまもとウォーターライフ

ç

⁸ 地下水が、地層内の圧力によって自然の力で地上に噴出する水。本論文での"地下水"は すべてポンプによる人口的な汲みあげがなされているものに限定する。



(熊本県 人工涵養中の水田) 出典:環境自治体ベストプラクティス集

3-5 ロンアン省での人工涵養

前節で述べた熊本県の白川中流域での事例では、その良質な土壌によって人工涵養が成功した。一方、ロンアン省を含んだベトナムの中部から南部にかけての地域は、花崗岩地質帯となっており、メコンデルタ地帯に属していることから軟弱地盤を持つ。軟弱地盤に含まれる粘土層は透水性が低いが、涵養された水を貯蓄するという面においては有用なものである。また、花崗岩地質は粘土層より大きい透水係数を持つため、ロンアン省での人口涵養は十分に可能であると考えられる。

第4章 モデル分析

4-1 分析の目的

第2章で説明した通り、ロンアン省では工業団地の企業による過剰な地下水 取水が起きており、それが地下水ストックの減少・塩害などの環境問題を引き起 こしている。しかし、未だに有効な対策はなされておらず、状況は悪くなる一 方である。そこで、政府が取水量を制限する"直接規制"と次節で示す"ウォ ーターオフセット"の政策を導入した場合を想定し、導入前と導入後の状態を 比較し、それが有効な政策であるのか、又はどのような状況ならば有効な政策 となり得るのかについてモデルを用いて分析する。

4-2 政策提言

本論文では、政策として"ウォーターオフセット"を提言する。第3章で説明した通り、農家は農業を行っていない時期(休耕田の時期)に、水田に水を張ることにより地下水涵養を行う事ができ、これは地下水ストックの増加に大きな影響を及ぼす。農家は涵養分(z)を企業に所与のウォーターオフセット価格(P)で売る事ができ、企業は買った分の涵養量を取水量の削減分に充当する事ができるというシステムがウォーターオフセットである。具体的に示すと次のようになる。

- ① 政府が企業の地下水取水制限量(g)を設定する。
- ② 企業は目標削減量 $(g^* g)$ を「(1) 自助努力で削減 (利潤の減少)」と「(2) 任意の涵養量 (z) を農家にオファー (zは削減量と見なされる)」の 2 通りの選択肢を組み合わせて達成し、利潤最大化を計る。
- ③ オファーがあった場合、農家は「(1)オファーを受ける」と「(2)オファーを受けない」の2通りの選択肢のどちらかを選択し、利潤最大化を計る。

4-3 分析の前提

モデルの仮定

- ・企業と農家の2つの経済主体が存在するものとする。
- ・企業と農家の地下水取水量はそれぞれの主体で全て同一であるものとする。

・政府が地下水取水制限量を設定し、企業はその水準を達成しなければならないものとする。

パラメーターの設定

企業: *M*

農家:N

企業の利潤: P_M

農家の利潤: P_N

企業の地下水取水量: g

政府が求める地下水取水量: g

企業の収入: $y_M(g)$

企業がオファーする涵養量: z

地下水取水費用: $C_g(g,G)$

農家の涵養費用: $C_z(z)$

ウォーターオフセット価格:P

地下水ストック:G

各関数の設定

企業の収入関数: $y_{M}(g) = a \log g$

企業の地下水取水費用関数: $C_g(g,G) = bg^2 \frac{1}{G}$

農家の涵養費用関数: $C_z(z) = vz^2 + k$

a,b,v: 正の定数

k:涵養にかかる初期投資

4-4 利潤最大化

ウォーターオフセットを導入しない場合

企業の利潤関数は以下のようになる。

<企業の利潤>

$$\rho_{\scriptscriptstyle M} = y_{\scriptscriptstyle M}(g) - C_{\scriptscriptstyle g}(g,G)$$

より、収入関数・地下水取水費用関数を代入して

$$P_{M} = a \log g - b g^{2} \frac{1}{G} \qquad \text{≥ 7.} \ \, 5.$$

ウォーターオフセットを導入した場合

企業と農家の利潤関数は以下のようになる。

<企業の利潤>

$$\rho_M = y_M(g) - C_g(g,G) - Pz$$

より、収入関数・地下水取水費用関数を代入して

$$\rho_{M} = a \log g - bg^{2} \frac{1}{G} - Pz$$

<農家の利潤>

$$p_N = Pz - C_z(z)$$

より、涵養費用関数を代入して

$$\underline{\rho_N = Pz - vz^2 - k} \qquad \text{$\geq 7z > 5$}.$$

利潤最大化

一階の条件より、企業と農家の利潤を最大化する最適取水量・最適涵養量を

求めると以下のようになる。

<企業の最適取水量>

$$(\rho_{\scriptscriptstyle M})' = \frac{a}{g} - 2bg \frac{1}{G} = 0 \quad \sharp \, \emptyset \; ,$$

$$g^* = \sqrt{\frac{aG}{2b}} \qquad \qquad \text{ERS}_0$$

<農家の最適涵養量>

$$(p_N)' = P - 2vz = 0$$
 \$\(\text{\$\frac{1}{2}\$} \text{\$\gamma} \)

$$z^* = \frac{P}{2v} \qquad \text{$\geq $7 \text{$\sim $}}$$

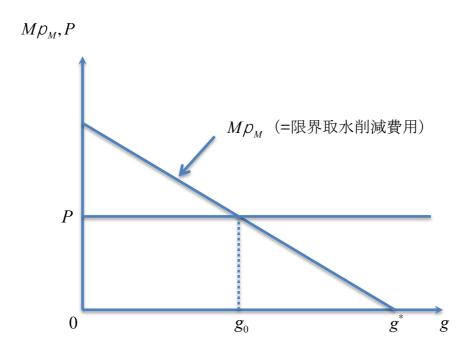
4-5 政策の分析

ウォーターオフセットを導入した場合に想定される状況は次の4つである。

- ①企業が全て自助努力で削減するケース
- ②企業がオファーし農家が拒否するケース
- ③企業がオファーし農家が受諾するケース
- ④企業がオファーし農家が一部受諾するケース

これら4つのケースがどのような条件下で起こるのか、またその時の企業・農家それぞれの利潤がどのように表されるのかを見ていく。

まず、企業の限界取水削減費用(限界利潤)とウォーターオフセットの限界費用(価格)は、簡単なグラフを用いて以下のように表す事ができる。



 $Mp_{M}(=$ 限界取水削減費用):限界利潤

P: ウォーターオフセットの限界費用(ウォーターオフセット価格)

g:政府が求める地下水取水量

g₀:ウォーターオフセットに切り替える取水量

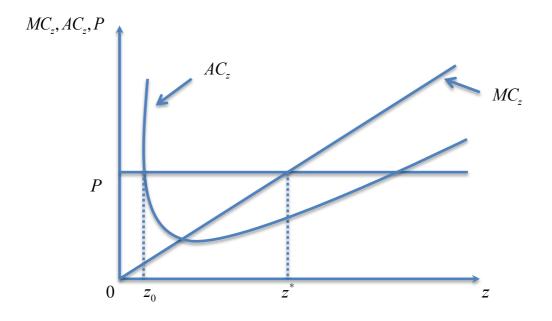
g*: 政策を行わない下での最適取水量

z ($=g_0 - g_M$):企業が購入するウォーターオフセット

何も政策が行われていない時、企業は限界利潤(Mp_M)が 0 となる g^* まで地下水を取水する。この限界利潤曲線は、右に読むと取水量が増える事に伴い逓減する限界利潤を表すが、 g^* から左に読むと取水量を自助努力で削減する事に伴い逓増する限界取水削減費用を表す。言い換えるならば、企業が取水量を削減する事に伴い発生する限界機会費用である。そして、Pはウォーターオフセット価格であるが、 g^* から左に読むとウォーターオフセットを購入する事で削減分に充当できるというウォーターオフセットの限界費用を表している。この限界取水削減費用(Mp_M)とウォーターオフセットの限界費用(P)の交点が

 g_0 であり、この点より右側までの削減ならば、Mp>Pとなるので自助努力で削減した方がコストが安くなるが、この点より左側まで削減すると、Mp<Pとなるのでウォーターオフセットを購入した方がコストが安くなる。もし、政府の定める \overline{g} が g_0 $\operatorname{fl} \overline{g} < g^*$ の場合、企業は削減分($g^* - \overline{g}$)全てを自助努力により削減する事になる(①のケース)。逆に、 $\overline{g} < g_0 < g^*$ の場合、企業は($g^* - g_0$)は自助努力で削減する事になるが、($g_0 - \overline{g}$)はウォーターオフセットを購入するための涵養のオファーを農家に対して行う事になる(②、③、④のケース)。

次に、企業からオファーがあった時の、農家の限界涵養費用と平均涵養費用と 限界収入(価格)は、簡単なグラフを用いて以下のように表す事ができる。



 MC_z : 限界涵養費用 AC_z : 平均涵養費用

P:涵養による限界収入(ウォーターオフセット価格)

 z_0 :最小涵養許容量

z*:最適涵養量(最大涵養許容量)

まず、涵養による限界収入 (P) と平均涵養費用関数 (AC_z) が交わる涵養

量(z_0)が、農家がオファーを受け入れる最小涵養許容量となる。これは、涵養量が z_0 を下回ると農家の利潤が負になってしまうので、農家は z_0 以下のオファーは全て断るからである。次に、限界涵養費用関数(MC_z)と涵養による限界収入(P=ウォーターオフセット価格)が交わる涵養量(z^*)が、農家がオファーを受け入れる最大涵養許容量となる。これは、 z^* は利潤最大化における涵養量であり、これ以上涵養すると利潤が低下してしまうため、農家は z^* を超える分のオファーに関しては全て断るからである。したがって、z \in z_0 のとき、農家はオファーを断り(②のケース)、z \in z0 とき、農家はオファーを全て受諾する(③のケース)。さらに、z1 \in z2 のとき、農家は企業のオファーをz2 ご要諾する(④のケース)。

以上の説明を踏まえ、前述した 4 つのケースが起こる条件と、そのときの企業・ 農家の利潤を示すと以下のようになる。

<①企業が全て自助努力で削減するケース>

 $(g_0 < g < g^*)$ の状況下において①の意思決定がなされる。

そのときの企業の利潤は、

$$\rho_{M} = a \log g - b g^{-2} \frac{1}{G}$$
 となる。

<②企業がオファーし農家が拒否するケース>

 $(g < g_0 < g^*)$, $(z \in z_0)$ の状況下において②の意思決定がなされる。

そのときの企業の利潤は、

$$\rho_{\scriptscriptstyle M} = a \log g - b g^{-2} \frac{1}{G} \qquad \text{≥ 7.} \ \, \text{$\lesssim 5$.}$$

<③企業がオファーし農家が受諾するケース>

 $(g_{M} < g_{0} < g^{*})$, $(z_{0} < z \pm z^{*})$ の状況下において③の意思決定がなされる。

そのときの企業・農家の利潤は、

$$\underline{\rho_M = a \log g_0 - b g_0^2 \frac{1}{G} - P(g_0 - \overline{g})}$$

$$\rho_N = Pz - vz^2 - k$$

<④企業がオファーし農家が一部受諾するケース>

 $(g_M < g_0 < g^*)$ $,(z > z^*)$ の状況下において④の意思決定がなされる。

そのときの企業・農家の利潤は、

$$\rho_{M} = a \log(\bar{g} + z^{*}) - b(\bar{g} + z^{*})^{2} \frac{1}{G} - Pz^{*}$$

$$\rho_N = Pz^* - vz^{*2} - k$$

4-6 需給均衡

本節では、ウォーターオフセットに対する企業の需要関数・農家の供給関数をそれぞれ導出し、政府の最適取水制限量 (g) によって定まる需給均衡におけるウォーターオフセットの均衡価格 (P^*) を導出する。

<企業のウォーターオフセットに対する需要関数>

まず、前述した企業の政策下でのウォーターオフセットに切り替える取水量 (g_0) を、限界利潤 (Mp_M) とウォーターオフセット価格 (P) を用いて導出する。

$$Mp_{\scriptscriptstyle M}=P$$
 を満たす g が g_0 となるので、 $Mp_{\scriptscriptstyle M}=\frac{a}{g}-2bg\frac{1}{G}$ を代入して、

$$\frac{a}{g} - 2bg \frac{1}{G} = P$$
 となるので、

$$g_0 = \frac{-P \pm \sqrt{P^2 + 8ab\frac{1}{G}}}{4b\frac{1}{G}}$$
 となり、

$$(g_0 > 0)$$
 より、 $g_0 = \frac{-P + \sqrt{P^2 + 8ab\frac{1}{G}}}{4b\frac{1}{G}}$ となる。

企業のウォーターオフセットに対する需要は、

$$z=g_0-\overline{g}$$
 より、 $g_0=rac{-P+\sqrt{-P^2+8abrac{1}{G}}}{4brac{1}{G}}$ を代入して、

$$z = \frac{-P + \sqrt{P^2 + 8ab\frac{1}{G}}}{4b\frac{1}{G}} - \frac{1}{g}$$
 が企業の需要関数となる。

<農家のウォーターオフセットに対する供給関数>

農家のウォーターオフセットに対する供給は、限界涵養費用(MC_z)とウォーターオフセット価格(P)が交わる点で定まるので、

 $MC_z = P$ より、限界涵養費用を代入して、

$$z = \frac{P}{2v}$$
 が農家の供給関数となる。

<需給均衡>

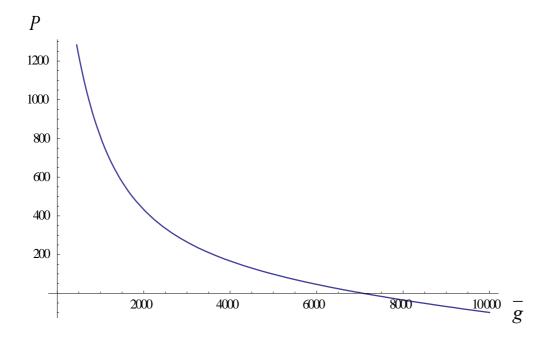
需給均衡においては、企業の需要量=農家の供給量となるので、

$$\frac{-P + \sqrt{P^2 + 8ab\frac{1}{G}}}{4b\frac{1}{G}} - \overline{g} = \frac{P}{2v} \qquad \sharp \emptyset,$$

$$\underline{P^* = \frac{0.5(-vg(4b+2vG) + \sqrt{8abv^2G + 8av^3G^2 + 4v^4G^2g^2})}{b+vG}}$$
 が均衡価格となる。

-<gとPの関係>

上記の需給均衡の式から、政府が定める取水制限量 (g) とウォーターオフセット価格 (P) の関係をグラフに表すと以下のようになる。



$$a = 1000000, b = 10, v = 2, G = 1000$$

グラフより、gが増えるとPが逓減する事が分かる。これは、直接規制を弱めると企業の涵養需要量が減少し、その分ウォーターオフセット価格が減少したものと考えられる。

第5章 動学的分析

本章では、これまでの静学的分析を踏まえ、地下水ストック(G)が各期(t)で変動する状況を想定し、動学的分析を行っていく。

5-1 分析の目的

まず、定常状態における地下水ストック(G^*)とそのときの社会的純便益(SNB^*)を求め、それを用いて均衡・定常状態における「社会的純便益を最大化させる、政府が定める最適地下水取水制限量(g^*)」を求める。その値を用いて、ウォーターオフセットの政策としての是非を動学的に分析する。

5-2 分析の前提

パラメーターの設定

企業:M

農家:N

各期: t

企業の利潤: $p_{M,t}$

農家の利潤: $p_{N,t}$

企業の地下水取水量: g,

政府が求める地下水取水量: g

企業の収入: $y_{M,t}(g_t)$

企業がオファーする涵養量: z,

地下水取水費用: $C_{M,t}(g_t,G_t)$

農家の涵養費用: $C_{z,t}(z_t)$

ウォーターオフセット価格: P

地下水ストック: G_t

地下水ストックの自然回復量: R (一定)

地下水自然減少率: a

各関数の設定

企業の収入関数: $y_{M,t}(g_t) = a \log g_t$

企業の地下水取水費用関数: $C_{g,t}(g_t,G_t) = bg_t^2 \frac{1}{G_t}$

農家の涵養費用関数: $C_{z,t}(z_t) = vz_t^2 + k$

a,b,v: 正の定数

k:涵養にかかる初期投資

涵養された水は、その期中に全てが地下水ストックに到達することはなく、地中にそのまま残る分が存在する。そこで、地下水の涵養は時間を掛けて行われ、涵養水が徐々に浸透していく場合を想定し、初期に涵養した涵養量(z_1)の各期(t)における「地下水ストックに到達する涵養量」は以下のように表す。

$$1 期: \frac{1}{2} z_{\scriptscriptstyle 1} \qquad 2 期: \mathop{\rm cl}\nolimits^{\, \, 2}_{\, \, \, 2 \, \, \bar{\emptyset}} z_{\scriptscriptstyle 1} \quad 3 \, \bar{\mathrm{g}}: \mathop{\rm cl}\nolimits^{\, \, 2}_{\, \, \, 2 \, \bar{\emptyset}} z_{\scriptscriptstyle 1} \quad \cdot \, \cdot \, t \, \bar{\mathrm{g}}: \mathop{\rm cl}\nolimits^{\, \, 2}_{\, \, \, \bar{\emptyset}} z_{\scriptscriptstyle 1}$$

よって、(t+1)期における「地下水ストックに到達する総涵養量」は以下のように表す事ができる。

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{t+1} z_1 + \left(\frac{1}{2}\right)^t z_2 + \left(\frac{1}{2}\right)^{t-1} z_3 + \dots + \left(\frac{1}{2}\right) z_{t+1}$$

したがって、「1 期間で地下水ストックから自然に消失する水資源の減少分」 を aと置くと、(t+1)期における地下水ストック(G_{t+1})は以下のように表すことができる。

$$G_{t+1} = (1-\alpha)G_t - g + R + \left(\frac{1}{2}\right)^{t+1} z_1 + \left(\frac{1}{2}\right)^t z_2 + \left(\frac{1}{2}\right)^{t-1} z_3 + \dots + \left(\frac{1}{2}\right) z_{t+1} - z_{t+1}$$

また、t期における社会的純便益(SNB_t)は、企業と農家の利潤の合計 $(\rho_{M,t}+\rho_{N,t})$ であると仮定し、次のように表すものとする。

$$SNB_{t} = \rho_{M,t} + \rho_{N,t} = a \log g_{0,t} - bg_{0,t}^{2} \frac{1}{G_{t}} - v(g_{0,t} - \overline{g})^{2} - k$$

5-3 定常状態の地下水ストック

「定常状態にあるときの地下水ストック (G^*) 」は次のように表すことができる。

$$G^* = G_{t+1} = G_t$$

定常状態においては $z_1 = z_2 = \cdots = z_r = z_{r+1}$ となるため、定常状態の涵養量をzと置くと、定常状態の地下水ストック(G^*)は、

$$G^* = (1 - a)G^* - g + R + z \overset{\vee}{\underset{n=1}{\overset{\vee}{\circ}}} \overset{\circ}{\underset{e}{\circ}} \frac{1}{2} \overset{\circ}{\overset{\circ}{\circ}} - z \qquad \text{Fig. } 0 \qquad \overset{\vee}{\underset{n=1}{\overset{\vee}{\circ}}} \overset{\circ}{\underset{e}{\circ}} \frac{1}{2} \overset{\circ}{\overset{\circ}{\circ}} = 1 \text{ Im} \quad 0 ,$$

$$G^* = (1 - a)G^* - g + R + z - z \qquad \text{where} \quad 0$$

$$G^* = \frac{R - \overline{g}}{a} \qquad \text{≥ 7} \ \text{$>$} \ \text{$>$} \ \text{$>$}$$

5-4 政策の分析①

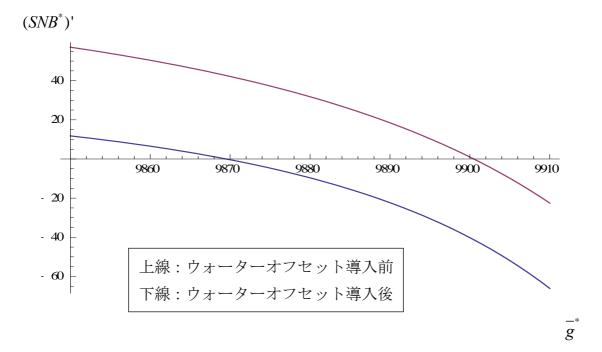
$$SNB_{t} = \rho_{M,t} + \rho_{N,t} = a \log g_{0,t} - b g_{0,t}^{2} \frac{1}{G_{t}} - v (g_{0,t} - \overline{g})^{2} - k$$

に、
$$g_0 = \frac{-P \pm \sqrt{P^2 + 8ab\frac{1}{G}}}{4b\frac{1}{G}}$$
を代入すると、

$$SNB_{t} = a \log \frac{\mathcal{C}}{\mathcal{C}} \frac{4b \frac{1}{G}}{\frac{1}{G}} + \frac{\ddot{0}}{\dot{a}} + \frac{\ddot{c}}{\dot{b}} + \frac{\ddot{c}}{\dot{c}} + \frac{\ddot{c}}{\dot{c}} + \frac{\ddot{c}}{\dot{c}} + \frac{\ddot{c}}{\dot{a}} + \frac{\ddot{c}}{\ddot{a}} + \frac{\ddot{c}}$$

が得られる。これに、 $P^* = \frac{0.5(-v\overline{g}(4b+2vG)+\sqrt{8abv^2G+8av^3G^2+4v^4G^2g^2})}{b+vG}$, $G^* = \frac{R-\overline{g}}{a}$ を代入した式が、「均衡・定常状態における社会的純便益(SNB^*)」である(複雑な式のため掲載は省略)。一階の条件より、(SNB^*)'=0となる \overline{g} が、「均衡・定常状態における社会的純便益(SNB^*)を最大化させる政府が定める社会的最適取水制限量(\overline{g}^*)」となる。これを元に、ウォーターオフセットの導入前・導入後それぞれの「均衡・定常状態における限界社会的純便益(SNB^*)'」

と「政府が定める社会的最適取水制限量 $(\frac{-*}{g})$ 」の関係をグラフで表すと以下のようになる。



a = 1000000, b = 0.1, v = 0.01, R = 10000

社会的純便益が最大となる取水制限量は、限界社会的純便益が 0 となる点である。上記のグラフより、社会的純便益が最大となる点を比較すると、政策導入後の取水制限量が政策導入前の取水制限量より少ない事が分かる。取水制限量が少ないほど規制が強い事を意味しており、地下水ストックの減少量が減るので、政策導入後の地下水ストックが政策導入前の地下水ストックより多くなる事が分かる。

このときの社会的純便益を比較すると、政策導入前はSNB = 9204030となり、政策導入後はSNB = 9374570となった。したがって、政策導入後の社会的純便益が政策導入前の社会的純便益より高くなる事が分かる。

以上より、ウォーターオフセットの政策を導入した方が、「地下水ストック」・「社会的純便益」共に導入前より高い数値が算出される事が分かる。

5-5 政策の分析②

企業の地下水取水費用関数 $(C_{g,l}(g_l,G_l))$ の定数bは、企業の地下水取水技術の水準とみなすことができる。つまり、bの値が小さいほど取水費用が少なく済むので、それだけ地下水取水技術が高い事を表している。なお、本論文の分析対象であるロンアン省においては、外資系企業と国内企業が混在している。ここで、外資系企業と国内企業では取水技術に差があると考え、以下では異なる2つの値をbに代入し、その結果を比較する。

<u>b=0.1 のとき</u>	WO導入しない場合	WO導入した場合	導入後増加率
地下水取水量	9969	9967	-0.02%
地下水ストック	310	330	6.45%
社会的純便益	9204030	9374570	1.85%
企業の利潤	9204030	8619850	-6.78%
農家の利潤		780261	

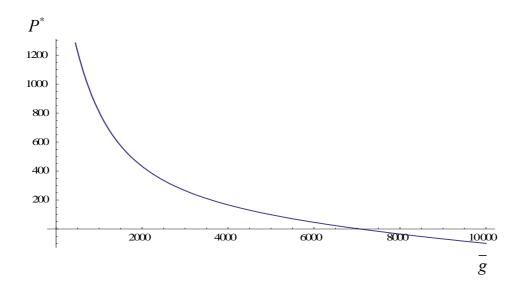
<u>b=0.01 のとき</u>	WO導入しない場合	WO導入した場合	導入後増加率
地下水取水量	9990	9993	0.03%
地下水ストック	100	70	-30%
社会的純便益	9308340	9377460	0.74%
企業の利潤	9308340	8954183	-3.96%
農家の利潤		444507	

上記の 2 つの表は、「社会的純便益最大化」「b以外の条件が同じ」の条件下における $b=0.1\cdot b=0.01$ のときの、それぞれの「地下水取水量・地下水ストック・社会的純便益・企業の利潤・農家の利潤」の値を示している。外資系企業は国内企業に比べ高い技術力を有しているとみなし、ここでは、b=0.1を国内企業(取水技術が低い企業)、b=0.01を外資系企業(取水技術が高い企業)と仮定する。

b=0.1のときのウォーターオフセット導入前と導入後を比較したときに、ウォーターオフセットを導入した方が地下水ストックと社会的純便益の両方が増加する事が分かる。一方、b=0.01のときのウォーターオフセット導入前と導入後を比較したときには、ウォーターオフセットを導入した場合には社会的純便益の増加率が下がり、地下水ストックに至っては減少している事が分かる。したがって、取水技術が低く取水費用が高い国内企業では、ウォーターオフセットを導入した場合には、社会的純便益・地下水ストック双方が改善されるが、取水技術が高く取水費用が低い外資系企業では、政策を導入した場合には、総社会的純便益の増加率が下がり地下水ストックが減少する事が分かる。

なぜ、取水技術が高い企業にウォーターオフセットを導入すると政策の効果が減少するのだろうか。社会的純便益を企業の利潤と農家の利潤に分けて考えると以下のようになる。b=0.1のときとb=0.01のときを比較すると、b=0.01のときには企業の利潤は増えているものの、農家の利潤が著しく減少している事が分かる。企業の取水技術が向上した場合、取水費用を抑えることができるために、企業としては取水をした方が利潤を上げることができる。従って政府としては取水制限を緩めて企業に取水をさせた方が社会的純便益を高くすることができる。しかし、規制を緩めて企業に多く取水をさせると、下図のウォータ

ーオフセット需給均衡曲線で示されているように、均衡価格 (P^*) が下がり、結果として農家の利潤が減少することになる。さらに、取水制限を緩めているために、地下水ストックの減少という結果を招いた。



結章

本論文では、ロンアン省における地下水過剰取水問題を取り上げた。ベトナ ムの地下水過剰取水の多くは、工業化の流れの中でその数を増やしてきた工業 団地が大きな原因となっており、ロンアン省はその筆頭であるためである。そ こで、ロンアン省の主要産業である稲作の水田涵養のポテンシャルを活かした 新たな地下水政策の仕組みの策定を目指して、本論文ではウォーターオフセッ トに着目した。すなわち、政府が企業に対して取水制限量を定めた後に、企業 がその制限量を超えて取水する場合には、農家に対してその取水分を涵養して もらうという仕組みである。ウォーターオフセットを導入した場合、直接規制 のみで同じ取水制限量を達成する場合と比較して社会的純便益は高くなった。 政策を導入するにあたり、地下水取水技術が低い企業に対して政策を行う事が 有効である事が分かった。仮に、一定以上の取水技術を保有する企業に対して 政策を導入すると、かえって地下水ストックの減少と、社会的純便益の増加率 の減少を招いてしまう。ロンアン省には、取水技術が比較的低い"国内企業" と取水技術が比較的高い"外資系企業"が混在している。したがって、取水技 術の進んでいる外資系企業が多く占める工業団地よりも、まだ取水技術の発展 していない国内企業が多く占める工業団地において、ウォーターオフセットを 導入する方がより有効である。

参考文献

「国土交通省ホームページ」
http://www.mlit.go.jp/(最終アクセス日:2013/12/7)

2. 「外務省ホームページ」

http://www.mofa.go.jp/mofaj/(最終アクセス日:2013/12/7)

3. 「エバーラスティング株式会社ホームページ」

http://www.everlasting-japan.com/(最終アクセス日:2013/12/7)

4. 「ベトナム生活観光情報ナビ」 http://vietnam-navi.info/(最終アクセス日:2013/12/7)

5. 「ベトナム統計局」

http://www.gso.gov.vn/default_en.aspx?tabid=491 (最終アクセス日: 2013/12/7)

6. 「独立行政法人国際協力機構(JICA)」 http://www.jica.go.jp/vietnam/index.html(最終アクセス日:2013/12/7)

7. 「日本貿易振興機構(JETRO)」

http://www.jetro.go.jp/world/asia/vn/(最終アクセス日:2013/12/7)

8. 「独立行政法人中小企業基盤整備機構」

http://www.smrj.go.jp/keiei/kokurepo/index.html(最終アクセス日: 2013/12/7)

9. 「国際機関日本アセアンセンター」

http://www.asean.or.jp/ja/(最終アクセス日:2013/12/7)

10. 「五洲興産ベトナム」

http://www.goshukohsan.com.vn/(最終アクセス日:2013/12/7)

11. 「long an portal」 (2009)

http://www.longan.gov.vn/english/Pages/Industrial-park.aspx (最終アクセス日:2013/12/7)

- 12. 今辻 銀二 (2008)「熊本水前寺・江津湖における湧水の変動とそのメカニズムについて」市川 勉、荒牧 昭二郎編『東海大学紀要産業工学部』1 (2008年) pp.46-52
- 13. 「VOV 5 」

http://vovworld.vn/ja-JP/introvov5.vov (最終アクセス日:2013/12/7)

- 14. 「くまもとウォーターライフ」
 - http://www.kumamoto-waterlife.jp/(最終アクセス日:2013/12/7)
- 15. 梅原尚佳(2012)「ウォーター・オフセットの視点に基づく地下水量保全の現 状と今後の展望」『地球環境学ジャーナル』vol.6 (2012) pp.67-93 上智大学 大学院地球環境学研究科
- 16. 「『花崗岩風化土の近飽和透水係数 Near-saturated hydraulic conductivity in weathered granite soils \(\]
 - 中野恵子 1・久保寺秀夫 1,2・餅田利之 3・藤本順子 4・道上伸宏 4・内 山知二 5・佐野修司 5・草場敬 1
 - 1 九州沖縄農業研究センター・2 現・中央農業総合研究センター・3 鹿児島 県農業開発総合センター
 - ・ 4 島根県農業技術センター・5 大阪府立環境農林水産総合研究所」 https://js-soilphysics.com/data/symposiums_posters/poster_55_90002178. pdf (最終アクセス日:2013/12/7)
- 17. 帯谷博明(2011)「ベトナム・メコンデルタにおける農村背且つと水利用の 変化:ティンジャン省チョガオ県における村落調査から | 『人間文化研究年 報』第 26 号(2011)pp.135-146 奈良女子大学
- 18. [LHC partner in success] http://longhau.com.vn/ja-JP/default.aspx (最終アクセス日:2013/12/7)

<u>参照</u>

ロンハウ工業団地



ロンハウ工業団地(Long Hau Industrial Park)		
食品加工部門	・果物/野菜加工・牛乳製品・精肉加工	
プラスチック加工部門	・包装・玩具・工業部品	
機械部門	・農業用機械・工業用機械・パーツ加工	
電気部門	・電気製品	
建築材部門	・公的建物資材・工場資材	

代表的な参加企業: Puma / Lotte / Cold Storage 等

総企業数:79 (国内:海外=38:41) 工業面積の80%を既に貸し出している。

出典: LHC Partner in Success