

2017年度 外部事後評価報告書  
円借款「河南省南陽市環境整備事業」

外部評価者：アイ・シー・ネット株式会社 百田 顕児

## 0. 要旨

本事業は、河南省南陽市において、下水道施設及び環境負荷の小さいガス供給施設を整備することにより、同市内河川へ流入する水質汚濁物質の排出量の削減及び大気汚染負荷緩和を図り、同市の生活環境の改善に寄与することを目的として実施された。

本事業は審査時から現在までの中国の国・都市レベルの開発政策、ニーズなどと合致している。国家政策による天然ガス供給の増加に伴い、バイオガス生産施設の運営状況に変更が見られるが、事業全体としての妥当性は高い。事業費は計画をやや上回り、事業期間は計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。整備された下水道施設は順調に稼働しており、汚染物質の削減効果も期待通り発現している。バイオガス生産施設の稼働状況にやや懸念はあるが、南陽市向けのガス供給はほぼ計画通り稼働、普及しており、石炭からよりクリーンなエネルギーの普及という目的は概ね達成されている。下水処理率が向上し、汚染水の河川への放出量が減少したことで、市の主要河川（白河）の水質も改善傾向にある。またガス供給の増加にともない、環境負荷の高い石炭等エネルギー消費が減少したことで、大気汚染の悪化抑制にも貢献するなど、有効性・インパクトの達成度合いは高い。持続性については、組織技術面に大きな問題は見られず、ガス生産事業者の財務面にやや懸念は見られるが、今後のガス供給の増加等が見込まれ、中長期の財務面には改善の可能性が高いことから、影響は限定的と考えられる。以上より、本事業の評価は高い。

## 1. 案件の概要



事業位置図



南陽市内のガスステーション

## 1.1 事業の背景

中国は急速な経済成長をとげる反面、工業化と人口増加によって 80 年代以降環境汚染が進み、水・大気環境はいずれも国家基準を大きく下回る状況が続いていた。中国政府は、「第 10 次 5 ヶ年計画（2001～2005 年）」の間、重点保護区域の指定や、水質汚濁物質削減量の数値目標化等の施策を通して水環境保護に力を注いできたが、経済成長の拡大に伴い増大する産業・生活排水の排出に対応しきれず、汚濁物質の削減目標達成をなし得なかった。一方、大気環境についても、主要な一次エネルギー源である石炭の燃焼によって生じる硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>）、総浮遊粒子状物質（TSP）、煤塵や自動車の排出に含まれる窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）等による汚染が深刻となっていた。加えて、地球温暖化の原因物質である二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）等の排出抑制も喫緊の課題となっていた。このような状況を踏まえ、「第 9 次～第 10 次 5 ヶ年計画（1996～2000 年/2001～2005 年）」においては、工業汚染対策、都市ガス等の都市基盤整備に取り組んだが、主要な汚染物排出量を 2000 年比 10%削減する目標は達成されなかった。

河南省南陽市は、中国 7 大河川である長江の中流域に位置している。同市では経済の発展に伴い下水量が増大する一方、下水処理施設の建設が遅れていた。生活・工業排水が未処理のまま、飲用水源としても重要な長江中流域に直接排出されていた。その結果、同市の中心を流れる白河の水質基準<sup>1</sup>が劣 V 類に達することもあり、水質汚濁が深刻化していた。また、同市ではエネルギー需要の多くが石炭由来のエネルギーで賄われており、大気汚染の主要発生源となっており、大気環境改善を進めることが急務となっていた。

## 1.2 事業概要

河南省南陽市において、下水道施設及び環境負荷の小さいガス供給施設を整備することにより、同市内河川へ流入する水質汚濁物質の排出量の削減及び大気汚染負荷緩和を図り、もって同市の生活環境の改善に寄与する。

円借款承諾額／実行額	11,500 百万円 / 10,114 百万円
交換公文締結／借款契約調印	2007 年 12 月 / 2007 年 12 月
借款契約条件	金利 0.65%、返済 40 年（うち据置 10 年）、 一般アンタイド
借入人／実施機関	中華人民共和国政府／河南省人民政府
貸付完了	2015 年 4 月

<sup>1</sup> 河川水質は、地表水環境質量基準（GB3838-2002）により I～V 類に分類されている。I類：主に水源水。国家自然保護区、II類：主に生活飲用水。一級保護区、希少魚類保護区、魚・海老産卵場、III類：主に生活飲用水。二級保護区、一般魚類保護区、遊泳区、IV類：主に一般工業用水。一般工業用水区、直接人体に触れない娯楽用水区、V類：主に農業用水。農業用水区、一般景観の確保として適用。

本体契約 (契約金額 10 億円以上)	1. BEIJING ZHONGHUI UNITED ENVIRONMENTAL ENGINEERING CO., LTD.(中華人民共和国)：資機材供給 2. HENAN HAORUI GENERAL ENGINEERING CO., LTD.(中華人民共和国)：プラント機器供給・据付
コンサルタント契約	なし
事業化調査 (フィージビリティ・スタディ：F/S) 等	F/S：中国市政工程中南設計研究院作成、2007 年 5 月
関連事業	<b>【円借款】</b> 河南省大気環境改善事業 (2002 年) <b>【アジア開発銀行】</b> 河南省上下水道整備事業 (2005 年)

以下に南陽市の中心部とプロジェクトサイト、市内を流れる白河の関係図を記す。



出所：『百度地図』（URL: <http://map.baidu.com/>）を使用して筆者が作成（アクセス日：2018 年 6 月 4 日）

## 2. 調査の概要

### 2.1 外部評価者

百田 顕児（アイ・シー・ネット株式会社）

### 2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2017年8月～2019年3月

現地調査：2017年10月23日～11月1日、2018年3月25日～3月30日

### 2.3 評価の制約

特になし。

## 3. 評価結果（レーティング：B<sup>2</sup>）

### 3.1 妥当性（レーティング：③<sup>3</sup>）

#### 3.1.1 開発政策との整合性

##### （1）審査時の開発政策

中国政府は、「第10次5ヵ年計画」において下水道整備、工業汚染対策、都市ガス等の都市環境整備に取り組み始めたものの、目標は未達成であった。そのため、「第11次5ヵ年計画（2006～2010年）」及び「省エネ・排出削減総合作業プランの配布に関する国務院の通知（2007年6月）」では、環境改善への取り組みを強化し、主要な汚染物の総排出量を2005年比で10%削減する目標を掲げた。さらに、都市部での石炭火力発電所の建設制限を行うとともに、集中型熱供給施設、ガス供給施設等、大気汚染負荷のより小さい熱源の整備を推進していた。

河南省政府が定めた「河南省国民経済社会発展第11次5ヵ年計画」では、下水処理施設の建設推進や、再生可能エネルギーによる既存エネルギーの代替の推進等を通じ、2010年までに主要水質汚濁物質及び大気汚染物質を10%削減することを目標として掲げていた。これを受け、南陽市人民政府は、「南陽市国民経済社会発展第11次5ヵ年計画」及び「南陽市環境保護第11次5ヵ年計画」を策定した。本計画では、同市内を流れる河川の中でも特に汚染の著しい白河等の下水道施設の整備や、南陽市内の石炭利用施設のガス供給施設への代替、環境モニタリングの強化等の施策を通じた水、大気環境の改善を推進することとしていた。

##### （2）事後評価時の開発政策

水質汚染対策について、中央政府の「第12次5ヵ年計画（2011年～2015年）」では、重点流域の水質汚染防止対策の推進や河川環境保護及び生態系管理の強化を重点的な取組

<sup>2</sup> A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

<sup>3</sup> ③：「高い」、②：「中程度」、①：「低い」

みとし、都市部の下水処理率 85%を達成することを目標としている。続く「第 13 次 5 ヶ年計画（2016 年～2020 年）」では、都市部の下水処理率を 95%に引き上げ、数値目標の厳格化が進んだ。対応する省・市レベルの「河南省国民経済社会発展第 12 次～13 次 5 ヶ年計画」では、都市部の下水道網の建設促進、下水処理効率化のため新市街地、工業集積地、人口集落等に下水処理施設の設置などを目指している。また、汚染水の排出企業や産業集積区への厳格な汚染物質の総排出量の管理強化が打ち出され、汚水の集中処理や重度汚染企業の汚水前処理施設の建設などが掲げられた。南陽市では河南省の主要計画を踏襲し、中心部と県級行政区の下水処理場の建設や、下水処理場の汚泥無害化、都市部下水管網の改造・拡大、雨水・汚水分流管網整備などの事業を計画している。

大気セクターでは、中央政府による「第 12 次 5 ヶ年計画」において、地級行政区以上の都市部の 80%において大気質基準<sup>4</sup>二級水準以上を達成するという目標が掲げられている。また大気汚染物質削減の施策としてバイオマスエネルギーを含むクリーンエネルギーの多様化推進についても明記されている。続く「第 13 次 5 ヶ年計画」でも大気汚染物質の削減は重要事項であり、都市部のガス化率の向上や、地級行政区以上の都市部における重汚染日数の 25%削減等が目標として盛り込まれている。省・市レベルでも、総合的に都市大気汚染を改善し、省級都市の大気基準 2 級水準を 292 日以上達成するという目標が立てられている。南陽市の計画では、本事業の実施機関となる天冠企業グループがバイオマスエネルギーや大規模な工業用バイオガスの促進を行うための基幹企業として位置づけられ<sup>5</sup>、南陽市中心都市部のガス配管改造・拡大事業を推進している。

以上のとおり、水質・大気汚染物質の改善は国家、河南省、南陽市の各開発政策のいずれのレベルでも優先項目として位置づけられており、下水道施設、環境負荷の小さいガス供給施設を整備することにより、河川環境と大気環境の改善を目的とする本事業との整合性は高い。審査時から事後評価時までこの位置づけに変化はなく、国の開発計画では、水質・大気汚染物質の排出削減量遵守の厳格化を進めている。河南省、南陽市においても審査時から重視の姿勢は変わらず、本事業の開発政策との整合性は高い。

### 3.1.2 開発ニーズとの整合性

審査時の南陽市の人口は約 80 万人に達し、経済の発展に伴い生活排水・工業排水が増大する一方、都市部の下水処理率は 52.2%と下水処理施設の建設が遅れていた。未処理の下水は市内の河川に流出し、主要河川の白河の水質が劣 V 類となる要因となっていた。また、同市のエネルギー需要の 86%は石炭由来のエネルギーによって賄われてい

---

<sup>4</sup> 大気質の汚染度合いは、環境大気質基準（GB3095-2002）により一～三級に分類されている（2016 年に新基準が施行され一～二級となった）。一級基準：自然保護区等、二級基準：都市計画内の確定された居住エリア、一般工業エリア、農村地区等、三級基準：特定の工業エリア（2016 年より二級基準に統合）

<sup>5</sup> 主要プロジェクトには、天冠企業グループによる年間 30 万 t のエタノール生産、2.4 億 m<sup>3</sup> のバイオガス生産、10.1 億 kWh のバイオマス発電事業が含まれている

たが、これら石炭使用施設のエネルギー効率が低く、集塵装置や脱硫装置等が不備であるものも多く含まれていた。これらが大気汚染の主な発生源となっていたにもかかわらず、代替エネルギーの一つであるガスの供給率は 11.4%に留まっていた。

審査時から事後評価時にかけて人口増加はさらに進み、都市人口は審査時（2007 年）の約 80 万人から 2015 年には約 140 万人となり、70%以上も増加した。それに伴い、大気汚染の原因となる自動車数も増加し、南陽市における自動車保有台数は審査時から約 10 倍（2008 年 21.2 万台→2015 年 226.7 万台）に増加した<sup>6</sup>。今後のさらなる人口増加を鑑みると、事後評価時においても、下水処理とガス供給の開発ニーズは引き続き高い。

### 3.1.3 日本の援助政策との整合性

国際協力機構（以下、JICA とする）の「海外経済協力業務実施方針（2005～2008 年上半期）」では、貧困削減への支援や持続的成長に向けた基盤整備、地球規模問題・平和構築への支援といった重点分野の中で、貧困地域での下水道整備による農村開発や上下水道やエネルギー施設のようなニーズの高い経済・社会インフラの整備による持続的成長の促進、環境と開発の両立のための大気汚染や水質汚濁対策の重視を明示している。

さらに JICA の「国別業務実施方針」では、急激な経済成長による環境問題が課題視されており、内陸部を中心とした環境保全が重点分野として挙げられている。

#### 3.1.4 事業計画やアプローチ等の適切さ

##### (1) バイオガス生産施設の活用状況の変更

本事業で整備されたバイオガス事業は、主にガスの生産施設とパイプラインによる供給施設の 2 つから構成される。生産されたバイオガスは、パイプラインを通じて市内向けの主たるガス供給源として活用される計画であったが、現在は市内向けガス供給の補助供給源として位置づけられ、供給量は当初計画の 1 割程度にとどまる。これは国家政策の方針変更に影響されたもので、具体的な事実関係と経緯は以下のとおり。

- 1) 南陽市は従来から中国の国家政策である西気東輸事業<sup>7</sup>での天然ガス供給を政府に要請しており、本事業の計画当初は、西気東輸を利用した天然ガス供給を行う予定であった。しかし、2004 年に開始した西気東輸の第 1 期ではガス供給枠を得ることができなかったため、新たにガス生産事業を組み込む形で本事業が計画された。
- 2) 事業開始から 2012 年までは、生産したバイオガスの大半を市内向けの供給にあてていたが、2012 年からは西気東輸の第 2 期事業で天然ガス供給枠を得ることが決まった。その結果、主たる供給ガスは天然ガスに変更され、バイオガスは主に天然ガスを補完する

<sup>6</sup> 出所：南陽市国民経済社会発展統計公報

<sup>7</sup> 中国西部の新疆ウイグル自治区のタリム油田で採掘された天然ガスを総延長約 4,000 km のパイプラインを建設して、東部沿岸地域の大都市まで輸送する国家プロジェクト。第 1 期は 2004 年に全区間完成した。

補助エネルギー源としての位置づけに変更された。この変更に合わせて、ガス生産事業は新たにガス純化施設を建設し、天然ガスと混合輸送する形で、供給を続けている。

- 3) これらの変更に伴い、バイオガス生産量のうち純化工程を経てパイプラインに送られているガスは、ガス供給事業の供給量全体の1割程度にとどまり、生産されたガスはそれ以外の用途も含め多様化している。

以上の経緯により、生産されたバイオガスの用途は変化し、ガス供給事業全体に占める生産量の割合も減少した。この変更については、当時の国家政策の予見可能性が低いことが影響しており、やむを得ない面がある。事業の計画時はガスの高い需要があった一方で、西気東輸の第1期の供給枠を得ることができなかった。地方都市である南陽市では、将来いつ天然ガスの供給枠が得られるかはっきりした見通しも立っていなかったため、本事業でガスの自己供給源を確保しておくことは、適切な判断だったといえる。また、ガス供給事業で使われるパイプラインについては、バイオガス及び天然ガスどちらでも利用できる仕様に設計しており、当初から天然ガス事業との並行実施を想定した対策を講じており、政策変更に伴う影響を最小限に抑えることもできた。また南陽市では引き続きガス供給の増加を見込んでおり、天然ガスのみでは安定的な供給の担保が難しくなるため、本事業で生産されたバイオガスに対する今後の需要も増加することが期待できる。

以上より、本事業の実施は中国政府ならびに河南省政府、南陽市政府の開発政策、開発ニーズ、日本の援助政策と十分に合致している。また、事業計画において生産されたバイオガスの使用用途に変更はあったものの、審査時のガス供給への高いニーズへの対応や、将来的な転換への予見に備えた事前対応、供給源の多様化による安定的なガス供給を考慮すると、この変更を含む事業全体の妥当性は高いと評価できる。

### 3.2 効率性（レーティング：①）

#### 3.2.1 アウトプット

本事業における計画と実績は下表のとおりで、ほぼ計画通りに実施された。

表 1：アウトプット一覧表

	計画	実績
下水道施設	下水管渠：224km	ほぼ計画通り <sup>8</sup>
	下水処理場（増設 1 箇所）：10 万 m <sup>3</sup> /日（中水施設：3 万 m <sup>3</sup> /日）	ほぼ計画通り 処理方法を変更
	下水処理場（新設 1 箇所）：10 万 m <sup>3</sup> /日	計画通り 処理方法を変更
ガス供給施設	ガス生産施設：バイオガス、39.5 万 m <sup>3</sup> /日	ほぼ計画通り IC リアクター4 基を UASB リアクター10 基に変更
	ガス管網：250km	計画通り
	ガス気化施設、ガス調圧施設	計画通り
研修	実施機関職員等を対象とした、下水道事業、ガス供給事業に関する日本での研修	下水道事業は国内研修へ振替。 ガス供給事業は 2 名が本邦研修に参加。

出所：計画は JICA 提供資料、実績は事業実施機関質問票回答。

アウトプットのうち、主な変更点について背景は以下のとおり。

#### (1) 下水道施設

下水管渠について、アウトプットの変更はなかったものの、南陽市政府が当初の計画予定地を含む範囲で新たに道路建設を行い、その道路工事に隣接する下水管渠の整備を同時に行うため、円借款で予定されていた部分はすべて国内資金に振替られた。

下水処理方法は、北、南区下水処理場ともに改良型 A<sub>2</sub>O 法が採用されている。事業の FS 当時、国家排水基準<sup>9</sup>のなかで二級基準を満たすため AO 技術が選定されていたが、2007 年 11 月、市の環境保護部門により当該事業に排水基準を一級 A 基準に向上させるよう要請があった。このため、省発展改革委員会の審査認可を得て、下水処理技術を窒素・リンの除去効果が高い改良型 A<sub>2</sub>O 活性汚泥法に変更した。

日本での研修については、儉約令(2012 年 12 月)による国内手続きの厳格化により実施できなかったが、汚水処理センター職員を対象とした国内での代替技術研修を全 3 回実施した。

<sup>8</sup> 北区処理場の処理範囲については、当初建設が予定されていた下水管網を網羅していることを確認した。南区処理場の処理範囲については、地域の開発計画の一部に変更があり、下水管網の計画にも変更があったが、すでに開発された地域の下水管網は整備されている。下水管網の統計情報の入手が困難であったため、円借款で整備された正確な総長を確認することは難しいが、現地での関係機関との協議から、当初計画した下水管網の建設はほぼ計画通り実施されたと判断した。

<sup>9</sup> 中国における下水処理場からの排水基準は、国家環境保護局および国家質量監督経験検疫局によって定められた「城鎮汚水処理場汚染物排放標準(GB5084-1992)」の中で、放流先の水域の状態、利用目的等によって一級 A、一級 B、二級、三級に分類されている。



北区下水処理場のエアレーションタンク  
(改良型 A<sub>2</sub>O 法を実施)



南区下水処理場のエアレーションタンク  
(改良型 A<sub>2</sub>O 法を実施)

## (2) ガス供給施設

ガス生産事業において、当初予定されていた IC リアクター4 基を UASB リアクター 10 基に変更した。UASB リアクターは IC リアクターに比べて中国では一般的であり、コストを低く抑えることができたため、リアクターの台数を増やすことができた。

日本での研修については、ガス生産事業職員 1 名と円借款弁公室 1 名が 2012 年 10 月に「工場廃水の処理技術及び再生水の循環利用」を題材にした 20 日間の本邦研修に参加した。



ガス生産施設



ガス供給レギュレーターステーション

### 3.2.2 インプット

#### 3.2.2.1 事業費

総事業費は当初計画 27,388 百万円（うち円借款部分 11,500 百万円）に対し、実績は 29,701 百万円（うち円借款部分 10,114 百万円）で、計画比 108%だった。増加の要因は主に期間中の原材料費、人件費等の増加によるものである。事業費に関するその他の特筆事項として、下記を挙げる。

- ・ 下水処理技術を AO 法から A<sub>2</sub>O 法へより精度の高いものに変更し、それに伴い調達設備と調達先も変更したため、計画よりも費用が増加した。
- ・ 南陽市の都市計画の変更により排水路整備や河川整備を含む下水管渠については、円借款の執行を待たずに国内資金により実行された。
- ・ 訪日研修が国内研修に振替えられたことで、費用の減少原因となった。

### 3.2.2.2 事業期間

本事業は当初計画 2007 年 12 月～2013 年 1 月（61 カ月）に対して、実際は 2007 年 12 月～2016 年 5 月（101 カ月／計画比 166%）と、計画を大幅に上回った。各サブプロジェクトの実施期間は以下の通り。

サブプロジェクト	計画（L/A 調印時） （2007 年）	実績 <sup>10</sup>	計画比
1) 下水道施設	2007 年 12 月～2013 年 1 月 （61 カ月）	2007 年 12 月～2016 年 5 月 （101 カ月）	166%
2) ガス供給施設 （ガス生産事業）	2007 年 12 月～2011 年 11 月 （47 カ月）	2007 年 12 月～2012 年 4 月 （52 カ月）	111%
2) ガス供給施設 （ガス供給事業）	2007 年 12 月～2011 年 12 月 （48 カ月）	2007 年 12 月～2016 年 4 月 （100 カ月）	208%

出所：計画は JICA 提供資料、実績は事業実施機関質問票回答。

サブプロジェクトの遅延に関する理由は以下のとおり。

#### 1) 下水道施設

下水道施設は、準備段階で設計及び認可発効の遅延が生じ、その後のプロセスにも影響を及ぼした。その結果、北区下水処理場は 2012 年 9 月に試運転を開始した。さらに南区下水処理場は、新興工業地帯である処理対象地域全体の開発が遅れたため、処理場に繋がる幹線の下水管網の整備が遅れた。下水管網が整備されなければ処理場が稼働できないため、管網の整備に合わせて下水処理場の着工が遅れた。着工後の建設過程において遅延に影響するような問題は発生しなかったが、上記を主要因として最終的には当初計画と比較して 66%の超過となった。

#### 2) ガス供給施設

ガス生産事業は、設計から土木工事まで計画通り順調に進み、完成にも大幅な遅れは見られなかった。

<sup>10</sup> 計画時の完成の定義は、試運転開始 1 年後に実施予定の河南省人民政府の事業検収完了後となっていたが、実際の検収には国内資金で建設された別の設備も含めての検収を行っているサブプロジェクトもあり、大きく遅れて実施されたものもあった。そのため、評価時の完成の定義は当初の検収予定時期である試運転開始 1 年後とした。

ガス供給事業は、2倍以上の大幅な遅延が発生した。これはガス管網の一部の箇所では約2年間工事が遅れたことによるもので、ガスの供給事業自体は2012年12月に始まっており、その時点で管網全体の約7割が完成していた。管網整備の遅延の背景には、2012年に南陽市で開催された全国農民運動会の競技場建設を優先させるために、政府から工事着工の許可を取得できなかったことが主要因にある。また、本事業と並行して自己資金による供給管網の敷設も行っていった。これらの自己資金部分を合わせた全体計画のなかで、本事業計画内の管網が完成した時期が2015年4月となった<sup>11</sup>。

### 3.2.3 内部収益率（参考数値）

#### (1) 財務的内部収益率（FIRR）

審査時における財務的内部収益率（FIRR）は、プロジェクトライフ30年、便益を料金収入、費用を建設費用、維持管理費用として計算された。事後評価時に同様の方法で再計算した<sup>12</sup>結果、下水道施設では審査時の3.8%から4.83%に改善した。ガス生産と供給事業はそれぞれ6.31%<sup>13</sup>、6.24%と、審査時の8.1%からやや低下した。下水道施設の改善の要因については審査時と異なる計算方法のため単純比較は困難だが、有効性で後述するとおり、処理場に流れ込む汚水の水質が向上したため、単位当たりの処理コストが低下し、収益率の向上に繋がったものと考えられる。ガス供給施設における収益率低下の要因は、事業スコープの変更による生産側および供給側の体制変更や、後述するバイオガスの生産量の減少、政府方針による供給単価の微減等、複合的なものと考えられる。しかし、いずれの事業も一定の収益率を確保しており、事業運営上一定の財務的安定性は確保されていると考えられる。経済的内部収益率（EIRR）は、事業完成後日が浅く、対象となる裨益地に関するデータ収集が困難なことから、計算を実施しなかった。

以上より、本事業は事業費が計画をやや上回り、事業期間が計画を大幅に上回ったため、効率性は低いと評価する。

---

<sup>11</sup> 計画値が網羅された時点を試運転開始時とみなし、完成をその1年後（2016年4月）とした。

<sup>12</sup> 再計算の際、主な便益となる料金収入は、現地で確認した各施設の収入単価（ $\text{m}^3$ あたり収入など）に実際の量（処理量や生産量、供給量等）を乗じて算出した。費用は、初期投資として本事業の事業費を支出年度ごとに計上し、維持管理費用は、各施設の実際の支出単価に実際の量を乗じて算出した。例えば下水道施設の場合、汚水処理量の $\text{m}^3$ 当たりの費用と収入を実際の汚水処理量に乘じて算出した。ただし下水処理場では利用者から直接料金を徴収していないため、財務諸表における総収入及び営業費用を年間処理量で割り戻したものを単位当たりの処理料金収入／費用と推定した。

<sup>13</sup> 事業スコープの変更により、現在の運営形態はバイオガスに加え、純化バイオガスの生産や発電など多岐にわたる。本計算では国内資金で追加されたバイオガス純化施設と発電施設の事業費と生産コスト及び収益についても計算に含めた。

### 3.3 有効性・インパクト（レーティング：③<sup>14</sup>）

#### 3.3.1 有効性

##### 3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

以下、各サブプロジェクトの運用・効果指標を具体的に分析する。

##### (1) 下水道施設

指標名称	基準値 2005年	目標値 2013年	実績値 2015年 開始年	実績値 2016年 完成年	目標比 実績値/目標値
北区下水処理場 下水処理人口（万人）	52.2	55	100	-	182% （開始年比）
北区下水処理場 下水処理能力（万m <sup>3</sup> /日）	10	20	18.9	18.9	95% （完成年比）
北区下水処理場 下水処理量（万m <sup>3</sup> /日）	10	20	20	20	100% （完成年比）
南区下水処理場 下水処理人口（万人）	0	24	28	30	125% （完成年比）
南区下水処理場 下水処理能力（万m <sup>3</sup> /日）	0	10	10	10	100% （完成年比）
南区下水処理場 下水処理量（万m <sup>3</sup> /日）	0	10	4.65	7.07	71% （完成年比）
下水処理率（%）	34	67	-	-	

出所：JICA 提供資料、事業実施機関質問票回答。

両処理場の現在の稼働状況は合計 30 万 m<sup>3</sup>/日の処理能力のうち、2016 年時点で下水処理量は 25.97 万 m<sup>3</sup>/日、設計処理能力の 87%に達しており、順調といえる。一方で、処理能力に余裕はなく、下水管内に汚水が貯留し、高水位に達した状態での運転状況<sup>15</sup>が続いている。現時点では大きな弊害は生じていないものの、今後恒常化すれば、硫化水素や悪臭ガスの発生による設備の腐食や有機物の不足による処理水質の悪化等につながる恐れがあり、処理効率を低下させる可能性があることから、長期的な下水処理システムの安定性を維持する上で、今後対策が必要になる可能性がある。汚水処理人口は 2015 年時点で目標比 162%に達し<sup>16</sup>、処理量および処理人口ともにほぼ目標を達成した。今後さらに需要増加が見込まれることから、現在、北処理場では国内資金を投じ、さらに 10 万 m<sup>3</sup>/日の下水処理施設の増設を計画している

下表は各処理場の主要汚染物質の流入時、処理後の水質を比較したものである。

<sup>14</sup> 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

<sup>15</sup> 年間日最大汚水量を基に処理能力に余裕をつくって設計する日本の処理場と異なり、本処理施設は一般的な中国の設計手法に倣い、日平均流入量を基準に設計された。処理能力に余裕がないため、汚水を管きょ内にため込み 24 時間均一に揚水する管内貯留-高水位運転が常態化している（別途詳細分析ペーパーにて詳述）。

<sup>16</sup> 処理人口の達成度合いが処理量の度合いよりも高いのは、計画時に比べて工場排水の排水基準の取り締まりが厳しくなったことや地域住民の節水意識の向上等の原因により、処理場に流入する水質が大きく改善したことによるものと考えられる。

指標名称	基準値 2005年	目標値 2013年	実績値 2015年 開始年	実績値 2016年 完成年	一級A基準
北区下水処理場 BOD 濃度					
入口 (mg/l)	280	-	125.3	93.1	-
出口 (mg/l)	-	30	5.3	5.3	10
北区下水処理場 COD 濃度					
入口 (mg/l)	500	-	218.9	172.4	-
出口 (mg/l)	-	100	27	26.6	50
北区下水処理場 SS 濃度					
入口 (mg/l)	280	-	19.86	21.94	-
出口 (mg/l)	-	30	0.93	0.87	10
南区下水処理場 BOD 濃度					
入口 (mg/l)	280	-	74	80	-
出口 (mg/l)	-	30	5.6	5.2	10
南区下水処理場 COD 濃度					
入口 (mg/l)	500	-	328.36	267.07	-
出口 (mg/l)	-	100	22.82	11.58	50
南区下水処理場 SS 濃度					
入口 (mg/l)	280	-	125	115	-
出口 (mg/l)	-	30	6	5	10
COD 削減量 (t/年)	-	27,000	18,425	16,655	-
BOD 削減量 (t/年)	-	-	9,439	7,988	-

出所：JICA 提供資料、事業実施機関質問票回答。

両下水処理場とも、汚染物質の削減率は平均 93%に達し、処理水の規制値である一級 A 基準を事業開始年以來達成している。審査時と比べて工場排水に対する排水基準の取締まりが厳しくなったため、流入する汚水の水質が改善し、処理後水質も計画時より大幅に改善されている。処理場は、入口/出口の化学的酸素要求量 (COD)、浮遊物質量 (SS) 等のデータをリアルタイムでモニタリングしており、市の環境保護部門にもデータ配信されるなど、厳格な測定、管理体制が敷かれていることから、データの信頼性は高い。

開始年における、本サブプロジェクトによる COD 削減量の目標達成率は 68%だが、上記の通り、入口時点での元々の濃度が基準値に比べて大きく減少したため、相対的に下水処理場により削減される COD の量も減少した。

## (2) ガス供給施設

ガス供給施設については、バイオガスの生産状況と南陽市へのガス供給の普及状況を合わせて評価する。主な指標は以下のとおり。

指標名称	2005	2013	2014	2015	2016	目標値
<b>ガス供給事業</b>						
供給人口（万人）	52.2	49.2	63.9	69.3	84.2	79
供給量（万m <sup>3</sup> /日）	2.9	14.1	17.7	19.8	24.1	-
（バイオガス換算）*	-	28.1	35.4	39.6	48.1	42
うちガスパイプライン	-	12.7	9.4	17.2	21.2	-
（バイオガス換算）	-	25.4	18.9	34.4	42.3	-
うちバイオガス設備	-	1.4	8.3	2.6	2.9	-
（バイオガス換算）	-	2.7	16.6	5.3	5.8	42
市全体の供給率（%）	11.4	-	-	-	-	37.7
（都市部供給率）**	16	41	45	46	52	33.5
<b>ガス生産事業</b>						
生産能力（万m <sup>3</sup> /日）	10	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5
生産量（万m <sup>3</sup> /日）	-	33.6	39.8	38.7	16.9	49.5
うちバイオガス生産量	-	30.3	19.7	32.3	9.8	49.5
うち純化バイオガス転換	-	1.4	8.3	2.6	2.9	-
（末端供給量）***						
TSP削減量（t/年）	-	7,800	-	-	-	
SO <sub>2</sub> 削減量（t/年）	-	25,200	-	-	-	

\*バイオガスを天然ガスとして供給するには純化プロセス(純化バイオガス)が必要となる。最終的に生産される純化バイオガスの単位生産量は、通常バイオガスの半分に相当する。

\*\*審査時の効果指標となっている全対象地域の供給率は、人口情報を取得することが困難であったため、都市部における供給率にて比較。

\*\*\*純化バイオガスで換算。

現在の南陽市内のガス供給人口、供給量はそれぞれ約 84 万人、24 万 m<sup>3</sup>(バイオガス換算で 48 万 m<sup>3</sup>)で供給率も 52%に達するなど、当初計画を上回っている。一方、バイオガスの生産能力は計画通り 49.5 万 m<sup>3</sup>/日を維持しているが、実際の生産量は当初計画の 34%程度にとどまる。この背景にはおもに下記の二つの理由が影響している。

- ・ 3.1.4 妥当性でも述べたとおり、南陽市に対する全国網のガスパイプラインによる天然ガス導入が決定したため、現在は主たるガス供給源は天然ガスになり、バイオガスは補助ガス源として活用されている。
- ・ 2016 年以降、国際的な石油価格変動の影響を受け、バイオガスの原材料（工場廃液）の供給量が低下したことから生産調整を行っている。

他方、今後の利用状況については、実施機関が進める以下の対策と事業環境の変化により、増加が期待できる。実施機関では余剰生産能力を有効活用するため、国内資金により同施設内にバイオガスによる発電施設を整備し、2013 年 5 月から稼働を開始した。2017 年より本発電施設による電力の国家電力網への販売を開始しており、今後は補助供給源としての用途に加え、これらの供給事業を通じて有効活用を図る方針である。

また政府によるバイオ燃料の優遇措置も今後の事業環境の改善につながるとみられる。2017年に国家発展改革委員会を含む15省庁が、エタノールガソリンのバイオ燃料利用の拡大と生産拡大計画を発表し、2020年までに自動車エタノールガソリンの全面普及等为目标として掲げている。ガス生産事業の原材料である工場廃液は、供給元となるエタノール工場の生産量によるため、生産事業側では流入量の調整は難しいが、国家政策による今後のエタノール燃料の需要増加に従い、原材料の供給先であるエタノール工場の生産も増加が見込まれている。

以上を踏まえ、事業全体の有効性について述べる。下水道施設は処理人口や処理量、放流水質の改善といった指標はほぼ達成され、本事業による効果は発現しているといえる。ガス供給施設については、市内向けのガス供給や普及率の向上はほぼ達成しており、供給人口の増加と合わせ、石炭代替としてのクリーンなガスの普及という目的は概ね達成されたと評価できる。後述するインパクトにおいて南陽市の大気質の改善傾向がみられることから、事業目的に対する達成状況は良好と評価できる。ただし、本事業を通じて整備したガス生産施設の稼働状況は当初計画された生産規模の半分に満たない。これらバイオガス生産設備は補助エネルギー源として天然ガスの供給が不足した際の補助源としての機能を果たしており、ガスの安定供給体制を確立する上では重要な役割を果たしているが、総事業費の約2割を占めるアウトプットの活用状況としては課題が残る。ただし、国家政策のもとで今後エタノール燃料の需要増加が見込まれており、今後バイオガスの需要が高まることが期待できること、ガスを利用した発電事業による用途の多様化といった対策も取られており、中長期的に見ても、本事業の有効性はさらに高まることが期待できる。

以上を総合的に鑑み、ガス供給事業全体としては当初目的を達成していると評価する。

### 3.3.2 インパクト

#### 3.3.2.1 インパクトの発現状況

本事業では、「河川水質の改善」及び「大気環境の改善」、「ガス供給の改善」をインパクトと位置づける。

##### (1) 河川水質の改善

###### 1) 観測地点のモニタリングデータ

以下は処理済み下水を放流する白河の主要観測点における水質の変遷である。

指標名称	2007	目標値	2013	2014	2015	2016
放流先水質（等級）	劣 V	IV	V	IV	IV	IV
放流先水質(BOD : mg/L)	36.6～ 38.4	6	5.66	5.64	5.19	5.28
放流先水質(COD : mg/L)	139～ 146	30	25.2	26.6	22.9	24.7
放流先水質(NH <sub>3</sub> -N : mg/L)	4.25～ 4.41	1.5	1.71	0.841	0.897	0.839

出所：実施機関提供資料

放流先水質は 2007 年に実施された FS と同様の観測断面（瓦店）を記載。

事業計画時（2007 年）から比較すると、放流先水質は水質等級、BOD、COD、アンモニア態窒素（NH<sub>3</sub>-N）すべてにおいて減少傾向にあり、その結果、国家基準の水質等級も劣 V 類から IV 類と大きな改善が見られる。南陽市の都市部で発生する下水は、すべて本事業下の北処理場と南処理場で処理されており、下水処理システムが整備されたことで、白河の水質汚染が大幅に改善したことがうかがえる。放流先水質の改善については、2015 年の環境保護法の改正以来、工場排水の排出に関する取り締まりが厳格化された影響も考慮する必要があるが、それ以前の 2014 年において既にすべての目標値を達成しており、本事業による水質改善の影響は依然として高いと考えられる。

## 2) 裨益者へのインタビュー結果

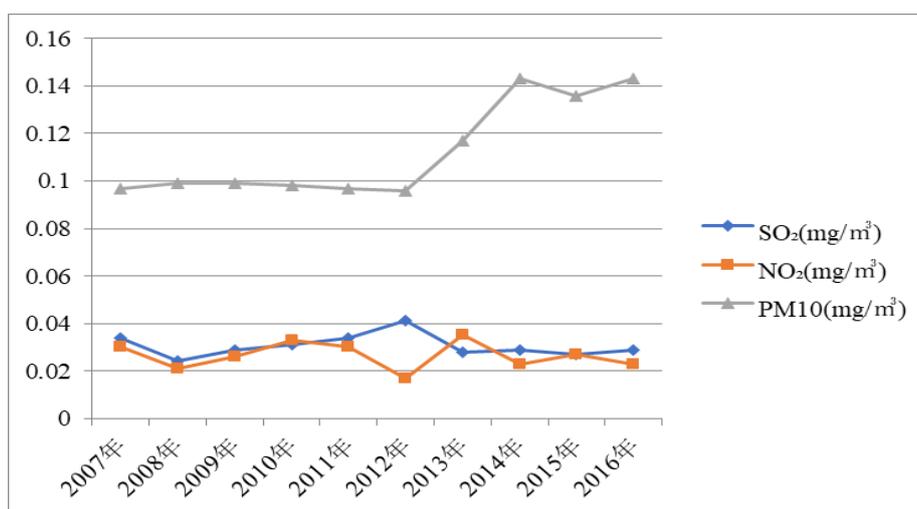
「河川水質の改善」について裨益者がどのように感じているかを把握するため、関連企業及び組織にインタビューを実施し、事業実施前（2007 年）と事後評価時（2018 年）の企業活動環境と河川環境の変化を調査した。以下にその例をまとめる。

- ・ 事業者への裨益効果：河底から砂利を採取し建材として販売する輸送会社を営む男性によれば、2006 年の会社設立当時、白河の底から掘り出した砂は真っ黒で品質が悪く、商品として使えなかったため、市外まで出向いて砂を仕入れていた。市外からの長距離輸送では輸送費用がかさみ収益性を下げていた。しかし、2012 年頃から白河の砂利の色が改善し、深く掘り出して汚泥の影響が少ない砂利を採取すれば、顧客から求められる品質基準を満たすことができるようになり、効果的な採取が可能となり、収益も改善した。
- ・ 生活者への裨益効果：河川で日常的に魚釣りや水泳を楽しむ男性によれば、以前は水質が悪いことから上流域のみで遊泳していたが、現在は下流域でも泳げるようになった。さらに以前は、この付近で釣った魚を調理する際は非常に泥臭かったが、近年獲れる魚は臭みが消え美味しくなり、水質改善を実感している。

以上のインタビュー結果は限られた対象者への聞き取りによるものだが、裨益者の実感が上述した河川水質の改善を裏付けるもので、近年の河川水質の改善を示すものと考えられる。

## (2) 大気環境の改善

下表は南陽市の大気汚染物質濃度の各年の平均値の変化を表している。



都市開発が進む中、PM10<sup>17</sup>が増加傾向にある一方で、化石燃料の燃焼等を主要原因として発生する二酸化硫黄（SO<sub>2</sub>）や二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）は微減傾向にあり、石炭由来の燃料利用の低下が主な要因と推察される。妥当性で述べたとおり、南陽市のGDP及び人口は右肩上がりに推移しており、民間車両台数も飛躍的に増えるなか、それに比例して増加するSO<sub>2</sub>やNO<sub>2</sub>が微減に留まっていることは、市全体のエネルギー消費の中で、化石燃料の消費が抑制されていること、あるいは消費されたエネルギーの環境対策が進んだことがあると推測できる。

南陽市の都市部におけるガス供給率は審査前の16%から事業完成時には50%を超えており、その結果、非効率な石炭等エネルギー源の消費量が減少したことで、ガスの普及は大気環境の改善に一定の貢献を果たしているものと考えられる。

## (3) ガス供給の改善

現地調査の際に、ガス供給を受けている原油加工関連企業や地域住民等の受益者へのインタビューを行った。関連企業からは「天然ガスの導入により、近年厳格化された（各企業に課されている）国家の大気汚染物質排出基準値を達成できるようになり、安定的な操業に貢献している」「天然ガスの導入により加熱炉の効率が上がった」等の意見が聞かれた。また住民へのインタビューでは、「プロパンガスから天然ガスに変更したこ

<sup>17</sup> 大気中に浮遊している粒子状物質のうち、粒径が10 $\mu$ m(0.01mm)以下のもの。

とにより、調理器具の加熱効率や炎の均一性が改善した、炊事時間が節約できるようになった」等の住民の声が聞かれた。

以上のように、ガス供給事業が企業活動や生活環境の改善に一定の貢献を果たしていることがインタビューから伺える。

### 3.3.2.2 その他、正負のインパクト

#### (1) 汚染対策

プロジェクト建設段階において、政府の環境保護及び建設行政管理部门の求めに応じて以下の措置を講じた。

- ・ 粉塵対策：土埃防止のため、散水車を利用。
- ・ 騒音対策：施工時には騒音低減機械を利用。夜間に工事を行わなければならない現場は施工機械に騒音低減措置を講じ、工事現場周辺に防音壁を設置。夜間作業の禁止。
- ・ 下水汚染対策：建設時に発生した排水は汚水収集池に収集され、汚水管を通して既設の取水ポンプに送水。

その結果、周辺環境にもたらす汚染を最小限にとどめ、その影響による遅延や事故等もなかったことが確認できた。

プロジェクト実施段階に発生した排水や汚泥は以下の通り対策が取られている。

#### 1) 下水道施設

2017年6月までは、発生した汚泥はすべて廃棄物処理場での埋め立て処理を行っていたが、7月より南陽市が独自資金で整備した汚泥処理センターが稼働し、現在は両下水処理場で発生した汚泥は、含水率を80%以下に下げる脱水処理が行われたのち、すべて本処理センターでコンポスト処理されている。

#### 2) ガス供給施設

バイオガスの生産過程で発生した排水については、A<sub>2</sub>O処理、OD処理、最終沈殿というプロセスで処理されている。処理された水は環境保護部門が定めた放流水の規制値以下まで下げられ、一部を再生水としてリサイクルし、それ以外は白河に直接放流している。



北区下水処理場の汚泥脱水処理



ガス生産事業の排水処理

## (2) 自然環境へのインパクト

EIA 報告書で想定されなかった問題は発生しておらず、上記の通り、事業建設時および実施時において適切な汚染対策が取られているため、自然環境への特段の悪影響は発生していない。

## (3) 社会環境へのインパクト

当初計画時は 22ha の用地取得が予定されていたが、実際には全体で約 40ha の土地が取得された。この数値には下水処理場の次期工事（本事業外の用地）に向けて取得した用地も含まれている<sup>18</sup>。住民移転は計画通り、発生していない。用地取得と補償は「中華人民共和国土地法」、「中華人民共和国土地管理法实施条例」「河南省『土地管理法』実施弁法」などの土地関連法令及び各地の具体的な補償基準に従って実施された。

また、本事業の実施による住民からの苦情等は発生していない。

## (4) その他

2011 年 11 月、CDM（Clean Development Mechanism）の適用により、ガス生産事業から英国企業（Allied Energy Capital UK Limited）へ CO<sub>2</sub> 最大 595 万 t 分の CERs（Certified Emission Reductions）移転が認められ、クリーンエネルギーとしての位置づけが認定された。本事業の CO<sub>2</sub> 削減効果が国際的に認められたともいえる。

以上により、本事業の実施によりおおむね計画通りの効果の発現が見られ、有効性・インパクトは高い。

---

<sup>18</sup> 本事業地と次期工事の予定地は同じ敷地内に隣接しており、具体的に本事業地の面積のみを切り分けることが困難だが、取得した土地は住民のいない荒廃地であることを確認しており、社会環境へのインパクトは低いと考えられる。

### 3.4 持続性（レーティング：③）

#### 3.4.1. 運営維持管理の体制

##### (1) 下水道施設

計画通り国有企業「南陽市汚水処理浄化センター」によって運営されている。処理場や下水処理に特化した組織となっており、下水料金徴収は行っていない。現在の人員体制は、総職員数 233 名（うち行政管理職 22 名、技術職員 159 名、事務員 52 名）、総職員における技術者数は約 68%である。

##### (2) ガス供給施設(生産／供給)

ガス生産事業は、国有企業「河南省天冠企業集団有限公司」の子会社として設立されたメタンガス生産会社が運営し、現在の人員体制は、生産事業は総職員数 131 名（うち生産職員 106 名、非生産職員 25 名）となっている。バイオガス生産の原材料である廃液を生産事業に提供するアルコール工場は、同じ天冠グループの子会社であり、発生する廃液全量を供給する体制になっている。

ガス供給事業は、当初国有企業であった「南陽市鄭燃公司」が 2009 年に華潤グループ<sup>19</sup>の資本に入り、「南陽華潤燃気有限公司」として運営を続けている。人員体制については総職員数 750 名（うち技術職員 35%）となっている。ステーションの無人化等の運営効率化を進めたため、職員数は減少傾向にある。

生産部門と供給部門の連携方法については、契約によりバイオガスの供給量と品質などを決め、その上で双方の調達センター間が調達業務制度を通じて、電話などで迅速に連絡を取り合っている。

#### 3.4.2 運営・維持管理の技術

審査時より下水処理、ガス供給の運営技術は中国でも確立されており、大きな問題はない。現地調査には下水道事業の専門家が同行し、技術的観点から能力、運営体制の評価を行ったが、各処理施設の運営部門はいずれも十分な経験と技能を有し、事業運営上適切な技術能力を有することが確認できた。さらに各実施機関とも運営維持管理や点検に関するマニュアルを整備しており、毎年多くの従業員に専門知識や技術知識に関する研修を行っているため、技術レベルの維持についても大きな問題はないと言える。

##### (1) 下水道施設

- ・ 技術者の採用は地元出身者や地元大学出身者を中心に行っている。離職者は毎年、定年退職等を理由とした 1、2 人程度に留まり、人材の定着率は高い。
- ・ 毎年決められた月に職種別に対象者を絞り、メンテナンスや設備、理論等の研修を継続的に行っている。

---

<sup>19</sup> 発行株式の半数以上を国有資金で占める、香港の上場企業。

- ・ 電気・設備関連では電気工、クレーン工、圧力容器工、機械工の技術試験を実施している。
- ・ 現地調査に同行した有識者（下水道運営専門）によれば、処理フローの理解や、採用技術の適用、トラブル・課題に対する対応なども高いレベルで行われており、効率的な運営をする上で十分な技術能力を有することを確認できた。

## (2) ガス供給施設

- ・ ガス生産事業では、2016年は汚水処理、ガス生産や浄化にかかる技術訓練を年間100回実施。持ち場資格制を導入しており、入社後の研修で資格を取得したのちにそれぞれの持ち場に就く制度となっている。
- ・ ガス供給事業では、社内外でガス操業に関する技術研修、安全研修、運用管理研修を実施。2017年は職種別に対象者を絞り、危険物取扱や消防関連の訓練等の技術・安全研修を年間30回程度実施している。
- ・ 上記有識者によれば、生産部門・供給部門の現場視察において処理フローの理解や、設備の取り扱いや運営方法について過不足なく実施されており、ガス生産過程における排水処理も技術的な対応が十分にできていることを確認した。

### 3.4.3 運営・維持管理の財務

#### (1) 下水道施設

下水処理場の運営維持管理費は、下水処理費用として市の財政局から各下水処理場に支払われており、各下水処理場が毎月、処理量と処理水質に基づいて請求額を財政局に提出し、財政局が内容を精査したうえ、実費精算の形で支払われている。財政局が拠出する運営維持管理費は、上水道会社がまとめて徴収する上下水道料金収入から充当されており、財務的な運営は市政府財政によって担保されている。赤字の際にも財政補填を行うことが法的に規定されている<sup>20</sup>。

上水道会社が徴収する下水道料金(収入)は平均0.8元/m<sup>3</sup>で審査時から変化はないが、現行の下水処理費用(支出)は0.4~0.5元/m<sup>3</sup>であり、事業としての採算性も確保されている<sup>21</sup>。当面政府による財政負担は必要なく、財務的な安定性は確保されている。

#### (2) ガス供給施設

##### 1) ガス生産事業

ガス生産会社の最近の財務データを以下に記す。事業の主な収入源はガス販売料金収入、発電関連料金収入<sup>22</sup>、廃液処理料金収入からなる。ガス販売料金はガス供給事業及

<sup>20</sup> 下水処理費が不足し赤字を招いた場合、国務院 641 号令第 33 条「特殊な要因により徴収した下水処理費が城鎮の下水処理施設を正常に運営するコストを払うのに不足した場合、地方人民政府が補填を行う」という政策に基づき、南陽市が財政補填を行うことが保証されている。

<sup>21</sup> 2017 年 8 月には下水管網拡充や処理場の拡張工事のため、市政府による下水道料金値上げに関する調査も実施され、近い将来には下水道料金の値上げが行われる予定である。

び天冠グループ企業、売電収入は国家電網<sup>23</sup>、蒸気売却収入は天冠グループ企業、廃液処理料金は原材料（工場廃液）の供給源であるエタノール工場より支払われている。

単位:千元	2012	2013	2014	2015	2016
総売り上げ	116,154	136,295	179,502	194,386	80,925
前年比		117.3%	131.7%	108.3%	41.6%
営業利益	28,237	50,904	49,656	25,463	-64,353
売上高営業利益率	24.3%	37.3%	27.7%	13.1%	-79.5%
当期純利益	23,232	43,415	46,102	24,618	-62,052
自己資本比率	19.3%	37.1%	38.2%	36.1%	31.0%
流動比率	18.6%	619.0%	193.7%	225.6%	191.3%

出所：実施期間提供データをもとに評価者作成

過去数年売り上げは安定して推移してきたが、2016年に入り赤字を出している。これは原材料不足による生産調整の結果で、原材料の供給先となる同じ天冠グループ<sup>24</sup>のエタノール工場が国際的な石油価格変動の影響で生産調整に入ったことに影響された。

ガスの生産と供給部門は年間契約を結んでおり、シーズン毎に異なる需要に合わせて、日々の供給量を調整している。現地調査で確認したところでは、天然ガスの供給不足や今後の供給網拡大によるガス需要増加の見通しを踏まえ、バイオガス生産部門による今後の供給量の拡大に向けて話し合いが進められている。

電力販売については、国家発展改革委員会が決めた販売価格で3~5年の長期契約を行っている。買取量に制限はなく、生産した電力全量を買取取る形で販売を行っている。

現在の赤字の主たる要因である原材料不足については、有効性で述べたエタノール燃料利用推進の国家計画に伴い、今後中長期的には再び生産増加が見込まれているが、現時点で具体的な増加の計画は確認できていない。

以上より、将来的に増加の見通しがあり、その不足が解消された際の販売先も明確であるため、中長期の財務体質は改善する可能性もあるが、現在の財務状況を踏まえて判断すると、本サブプロジェクトにおける財務的持続性は中程度である。

## 2) ガス供給事業

ガス供給会社の最近の財務データを以下に記す。

<sup>22</sup> 売電収入および発電の際に発生する蒸気売却収入。

<sup>23</sup> 全国的な電力送電を担う国有企業。

<sup>24</sup> 全国で五箇所ある燃料エタノール生産基地の一つとして、国家指定されている。

単位:千元	2013	2014	2015	2016
総売り上げ	167,783	244,502	294,858	314,117
前年比		145.7%	120.6%	106.5%
営業利益	12,765	25,293	34,494	38,391
売上高営業利益率	7.6%	10.3%	11.7%	12.2%
当期純利益	16,720	22,558	29,008	29,380
自己資本比率	28.3%	29.5%	27.3%	29.6%
流動比率	57.5%	77.8%	83.2%	97.8%

出所：実施期間提供データをもとに評価者作成

運営維持管理費はガス料金収入から充当されており、現状は黒字運営となっている。ガス料金徴収基準は国によって定められており、2017年10月時点で住民向けが1.8254元/m<sup>3</sup>、非住民向けが2.72元/m<sup>3</sup>である。この料金単価は、天然ガス供給促進の国家方針を受けて全体的に微減傾向にあるが、変更幅はわずかにとどまっており<sup>25</sup>、今後大幅な金額改定が行われる予定もない。供給体制を見ると、今後の需要増加に合わせてさらなる供給網の拡大を行っており、それに伴う供給量拡大により効率化が進み、将来的には単位当たりの供給コストは低下する見込みである。以上から、収入支出両面で大きな懸念は見られず、財務面での安定性は比較的高い。

#### 3.4.4 運営・維持管理の状況

##### (1) 下水道施設

設備の管理状況は良好であり、現時点で故障等は発生していない。施設の運営状況は中央制御室が24時間体制で監視している。リアルタイムのオンラインシステムで異常値が発見された場合は、3段階のレベル別アラームが発生し、レベルや状況に応じて担当責任者と担当技術者が現場確認及び対応を行う管理体制となっている。

月1回すべての設備に対して維持管理保守のための定期点検を実施しており、点検結果は電子または紙媒体で保存している。

ポンプ、ブロワ、遠心脱水機等主要設備の多くは輸入品を使用しているが、中国国内に多くの代理店が存在し、スペアパーツも問題なく調達可能である。設備の大きな更新がある場合も事前にメーカーに打診して確保しており、運転に支障をきたすことはない。

両処理場では、入口/出口のCOD、NH<sub>3</sub>-N、流量等のデータを測定する<sup>26</sup>モニタリングシステムを導入しており、本測定値は2時間ごとにリアルタイムで市政府の環境保護部門にオンラインデータとして配信される。本測定設備は、政府から委託を受けた第三者監視により厳重に管理されている。

<sup>25</sup> 2017年10月時点の料金は、ガス通気開始時である2012年比で約0.4元/m<sup>3</sup>の低下。

<sup>26</sup> CODおよびNH<sub>3</sub>-Nは紫外線の波長を利用して測定。



北区処理場入口の電光掲示板では  
日々の水質結果を表示



南区処理場の輸入品ブロワ

## (2) ガス供給施設

### 1) ガス生産事業

各施設のメンテナンスは保守管理計画に基づいて行われており、現時点で施設の故障等は発生していない。第一次現地調査の際、ガスタンクの外付け階段等金属部に激しい腐食が散見されたが、その後2017年冬季、専門業者による防食工事が行われ、第二次現地調査で確認した際には良好な状態に回復していた。定期的な防食工事が遅延したことは望ましくないことだが、付帯設備の腐食は施設の稼働そのものには大きな影響はなく、大きな懸念をもたらすものではない。なお生産施設の処理水の放流地点には、市政府の環境保護部門が設置したオンラインモニタリングシステムが設置され、放流水質は常に監視されている。主要設備を含めほとんどの設備は国産品を使用しているため、スペアパーツの入手や修理について大きな問題はない。



ガス生産事業部門の発酵タンク  
第一次調査時（2017年10月）



ガス生産事業部門の発酵タンク  
第二次調査時（2018年3月）

### 2) ガス供給事業

全体の運営管理や供給状況は中央制御室で管理している。運営管理については政府関係管理部門の指導・調査を受けており、特に下水排出指標、危険化学工業製品の安全生

産、高圧密封容器の品質監視・測定、圧力計点検などの面において各企業を対象に定期的に検査と指導が行われている。

またマニュアルに基づいて、定期的な点検やパーツ交換等も行われている。たとえば、ガスのゲートステーションは2年に1回や年に1回の大規模点検、毎日の日常点検等を実施しており、マニュアルに沿ってそれぞれ異なる項目を検査している。日常点検では、設備のサビや衛生状況の確認、ガス漏れ、圧力、温度、流量の数値チェック等を1時間に1回パトロール式で検査しており、2時間に1回検査データの記録を行っている。

以上より、本事業の維持管理は体制、技術については問題ない。ガス生産事業において現状では赤字経営であり、材料の安定確保等の懸念は残るが、サブプロジェクト全体を見ると生産事業はあくまで補助ガス源であり、ガス供給事業全体で見ると懸念に関する影響は限定的と考えられるため、本事業の持続性は高いといえる。

## 4. 結論及び教訓・提言

### 4.1 結論

本事業は、河南省南陽市において、下水道施設及び環境負荷の小さいガス供給施設を整備することにより、同市内河川へ流入する水質汚濁物質の排出量の削減及び大気汚染負荷緩和を図り、同市の生活環境の改善に寄与することを目的として実施された。

本事業は審査時から現在までの中国の国・都市レベルの開発政策、ニーズなどと合致している。国家政策による天然ガス供給の増加に伴い、バイオガス生産施設の運営状況に変更が見られるが、事業全体としての妥当性は高い。事業費は計画をやや上回り、事業期間は計画を大幅に上回ったため、効率性は低い。整備された下水道施設は順調に稼働しており、汚染物質の削減効果も期待通り発現している。バイオガス生産施設の稼働状況にやや懸念はあるが、南陽市向けのガス供給はほぼ計画通り稼働、普及しており、石炭からよりクリーンなエネルギーの普及という目的は概ね達成されている。下水処理率が向上し、汚染水の河川への放出量が減少したことで、市の主要河川（白河）の水質も改善傾向にある。またガス供給の増加にともない、環境負荷の高い石炭等エネルギー消費が減少したことで、大気汚染の悪化抑制にも貢献するなど、有効性・インパクトの達成度合いは高い。持続性については、組織技術面に大きな問題は見られず、ガス生産事業者の財務面にやや懸念は見られるが、今後のガス供給の増加等が見込まれ、中長期の財務面には改善の可能性が高いことから、影響は限定的と考えられる。以上より、本事業の評価は高い。

### 4.2 提言

#### 4.2.1 実施機関への提言

(1)管内貯留-高水位運転の将来的課題への対応

本サブプロジェクトで整備された下水処理施設は、処理能力に余裕がなく、下水を管きょ内にため込むことで管内貯留-高水位運転が常態化している。この運転方法は、将来的な施設設備の劣化および処理水質の悪化につながる可能性があることから、短長期の対策を組み合わせ対応することが求められる。短期的には薬剤等の注入などの応急対策が考えられる。長期的な視点では、流入水量の比較的少ない時間帯に下限水位に達するように定量揚水する 1 日 1 回の低水位運転方法の導入など、運用技術の改善による対応が考えられる（詳細は別途作成の詳細分析ペーパーを参照）。

## (2) 付帯設備の耐久性の向上対策

南陽市の施設設備を一次調査の際、いずれのプラント設備でも点検歩廊や設備の架台などに塗装のはがれや鉄さびの発生が見られた。二次調査までには防食工事が施され、改善が確認されたが、腐食のそもそもの原因については使用されている鋼材の材質、塗装の仕方、加工方法、環境要因等が考えられる。腐食原因を明らかにした上で、たとえば金属の溶接部には丁寧にケレンし、防錆塗装、防食塗装、耐光塗装など用途に応じて対応するなど、適切な対策を取ることにより、材料本体の劣化を未然に防ぐことが今後さらに施設の耐久性を高めていくうえで重要と考えられる。

### 4.2.2 JICA への提言

上述した管内貯留や付帯設備の腐食問題は、いずれも設計仕様や調達時の設備選定などのあり方からも対応が考えられる。今後下水処理施設の持続性をより高めるためには、ライフサイクルコスト全体について、計画・設計時点で検討することが望ましい。具体的には「計画時に各方法を選択する際の判断基準と手法」を標準化し、下水ポンプ場及び下水処理場の計画・設計に反映し、途上国の実情に応じた計画・設計手法の確立を継続的に支援することが推奨される。

## 4.3 教訓

### 国家政策や開発計画の影響を見据えた柔軟な事業設計による事業リスクの緩和

当初本事業で生産したバイオガスは南陽市向けの主要ガス供給源としての機能を見込んでいた。しかし現在の主要ガス源は中国広域で供給される天然ガスに変更され、本事業は補助供給源として活用されている。このような急な事業環境の変更は、アウトプットの効果的な活用に大きな影響を与える可能性がある。本事業では、並行して整備したガス管網をバイオガスと天然ガスの混合輸送が可能な形式で設計し、当初から天然ガス事業との並行実施を想定した対策を講じていたため、政策変更に伴う影響を最小限に抑えることができた。エネルギー政策は特に国レベルの方針や市場環境にも大きく影響されることから、事業計画に際しても、中長期的な政策トレンドや市場の不確実性を考慮し、事業スコープの設計や仕様変更柔軟性を持たせた計画を立てることが望ましい。

## 主要計画/実績比較

項目	計画	実績
①アウトプット 1) 下水管渠 2) 下水処理場 (増設 1 箇所) 3) 下水処理場 (新設 1 箇所) 4) ガス生産施設  5) ガス管網 6) ガス気化施設、 ガス調圧施設 7) 研修	224km  10 万 m <sup>3</sup> /日 (中水施設：3 万 m <sup>3</sup> /日)  10 万 m <sup>3</sup> /日  バイオガス、39.5 万 m <sup>3</sup> /日  250km 新設  実施機関職員等を対象とし た、下水道事業、ガス供給事 業に関する日本での研修	ほぼ計画どおり ほぼ計画どおり 処理方法を変更 ほぼ計画どおり 処理方法を変更 ほぼ計画どおり ICリアクター4基をUASBリア クター10基に変更 計画どおり 計画どおり  下水道施設は国内研修へ振。 ガス供給施設は2名が本邦研修 に参加
②期間	2007年12月～ 2013年1月 (61カ月)	2007年12月～ 2016年5月 (101カ月)
③事業費 外貨 内貨  合計 うち円借款分 換算レート	12,248 百万円 15,140 百万円 (970 百万円) 27,388 百万円 11,500 百万円 1 元 = 15.6 円 (2007年6月時点)	10,114 百万円 19,587 百万円 (1,299 百万円) 29,701 百万円 10,114 百万円 1 元 = 15.08 円 (2007年から2016年 の為替レート平均値)
④貸付完了	2015年4月	