

研究課題名： 低炭素取組による地域大気環境の改善効果の評価
—中国湖南省・婁底市における廃熱と排気ガス回収利用 CDM プロジェクト

所属： 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 EG LC コース

氏名： 裘轶政

Evaluation of Improvement effect to Atmospheric Environment from Low carbon activity
Waste Gas based Captive Power Plant and Waste Heat based Captive Power Project in Hunan
Hualing Liangang
Qiu Yizheng

Abstract

There are some improvement effects on the atmosphere and the benefit for the local citizens with the Clean Development Machine(CDM) project under the Kyoto Protocol. But because of without enough evaluation methodologies, those effects and benefits are unclear now. There is a trend that now the CDM project developers are paying more attention to economic benefit from CO2 emission reduction in CDM project, but the contributions to local sustainable development are not well valued. This research will quantifiably calculate the improvement effects which include concentration of air pollution with GIS technology, extent of air pollution and exposure population, and discuss the method of how to indicate it in project develop document..Through the research, the economic benefits for the project developer and the environmental improvement effects for the region will become visualization together, and the more smooth project implementing can be expected.

Keywords： CDMプロジェクト (Clean Development Machine project) 持続可能な開発 (sustainable development) 空間情報システム (GIS) ,大気拡散モデル (Atmospheric Dispersion Model),煤塵(Dust), 温室効果ガス (Greenhouse Gas: GHG)

1. はじめに

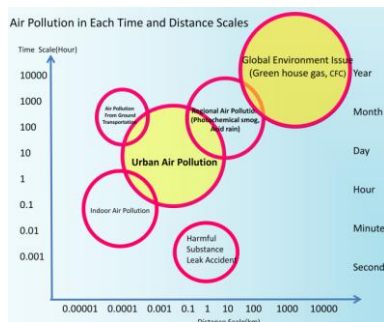
1.1 背景

21世紀の前半には、二酸化炭素のほか、フロンガスなどの温室作用をもつ微量気体の濃度の増加によって、地球の地上平均気温が3℃前後上昇するという推定がなされている。このように大気汚染の問題は、1本の煙突の風下や都市など発生源の風下

数kmの範囲からしだいに広域の問題に発展し、今日では全地球的な問題が重視されるに至っている。しかし、中国のような途上国においては今日でも依然として、これが最も重要な大気汚染であることに注意すべきである。

大気汚染濃度の時空間スケール (図1) をみると、地球温暖化問題は地球全体の問題だから、水平方向の距離にすれば、1000km以上のスケールでの平均値である。また時間的にも1日や1時間の平均濃度はあまり問題にならない。むしろ年平均値

の方が重要である。一方、ローカル・地域的な大気汚染問題は1-10km程度、数時間-数ヶ月のスケールでの問題である。つまり、地球温暖化問題は距離的かつ時間的にもローカル・地域の大気環境問題と離れていると考えられる。



(図1大気汚染濃度の時空間スケール)

つまり、一般に途上国では、健康被害をもたらす大気汚染問題の方が、地球温暖化問題よりも身近な環境問題である(明日香 寿川 2003年度秋期大会シンポジウム「東アジア域における環境変化と気候」の報告)。

従って、中国においては長期かつ遠距離の地球温暖化問題と短期かつ近距離の地域大気環境問題を両立させるためのアプローチが非常に重要なのではないだろうか。CDMプロジェクトは気候変動対策を通じたローカルの開発便益(環境改善)の実現を目指すものという視点が必要と考えられる。

1.1.1 中国低炭素取組の問題

地球温暖化やオゾン層の破壊等をはじめとする地球規模の環境問題を考えるとき、最も大きな問題のひとつは先進国と途上国の対立であると言える。中国にとっては国内の貧困問題に加え、公害等の地域的環境問題も重要な課題であり、能力・資本力を考えると積極的に温暖化問題の対策に乗り出すことは非常に困難な状況である。

中国中央政府レベルの低炭素取り組みとしては、国民経済と社会発展の中・長期プランである十一・五年計画において2005年-2010年の間にGDP1 単位当たりのエネルギー消費量を20%引き上げる目標設立したが、CO2排出量の削減の目標が具体的に存在しない。しかし2009年のCOP15においては中国政府は2020年までの温室効果ガスの排出削減をめぐる行動目標を発表し、国内総生産(GDP)1万元あたり(単位GDP)の二酸化炭素(CO2)排出量を2005年比で40%から45%削減すると発表した。またこの数値を拘束力をもった指

標として、第12次5ヵ年計画に組み込む可能性が高い。

一方、具体的な地方レベルの中国低炭素対策において、例としては湖南省は「資源節約型、環境友好型」社会作りの方針をとり、社会の低炭素化にも有効な省エネ照明の普及と太陽光発電などの新エネルギーの開発を重要な措置として取り組んでいる。しかし太陽光発電の開発また省エネ照明の普及を伴い、高い環境汚染リスクも潜在する(李 麗平 中国環境報第2版 2010.10.15)。

太陽光発電パネルの製造原材料としてのポリシリコンの処理は環境汚染を起こしやすく、有害ガスの漏出、液体状の有毒な四塩化ケイ素が発生する。それらな汚染物に対して具体的な環境対策をとらないと、危険な環境問題が発生する恐れがある。また同済大学環境科学・工程学院の蔣大和教授による「省エネ蛍光灯に含まれる水銀の量は極めて少ないが、使用量が膨大であるため、無視もできない」。「1ミリグラムの水銀が地下に流れた場合、約360トンの水が汚染される。このように計算すると、省エネ蛍光灯が適切に処理されなければ、1個当たり90トンから180トンの水と周辺の土壌を汚染することになる」。確かに中国において省エネ照明を2億個普及させたが、廃棄省エネ照明の回収システムはまだ空白である。従って、使用済みの省エネ照明一般ゴミとして処理される場合は、大きな環境負担をもたらす恐れがある。

以上二つ取組は地球レベルの低炭素化に役割を果たせるが、地域の持続可能な開発(環境問題の改善)に乖離する可能性がある。

1.1.2 低炭素取組への完全的な評価の必要性

CO2削減プロジェクトをCDMとして国連に登録するプロセスに、主に三つの審査を受ける必要がある。それぞれの審査はホスト国の指定国家機関(DNA)、指定運営機関(DOE)と国連CDM理事会(EB)において行う。中国DNAはプロジェクト設計書(PDD)、CER取引価格、さらにプロジェクトの持続可能な開発(SD)を促進する効果を審査する。しかし、持続可能な発展への貢献、たとえば大気環境改善など、に関する具体的な評価基準を設けていない。確かに、地方においてプロジェクトの環境影響評価(EIA)を行い、大気関係については煤塵などの削減量を評価し、拡散予測もする。しかし、拡散予測に関しては地形、地物、湿度などの条件を簡単に設定するだけで、環境影響の評価は必

ずしも正確と言えない。工場周辺の空間情報(森林などの自然環境情報,人口分布などの社会情報,農業生産量などの産業情報)を使わないまま,EIAはプロジェクトによる大気環境改善効果があるという抽象的に記述することが多い。

また,EBは主としてプロジェクトの追加性(資金・技術バリア)の証明などを審査する。CERの発生量はCO2削減に直接貢献するが,ローカルの環境改善と直接的に関係しない。その結果,プロジェクト事業者はCO2削減を証明することに関心が集まる。その結果,PDDにはプロジェクトの環境改善効果に関する内容が少なく,環境にマイナス影響がないといった記述に留まっている。

しかし実際には低炭素取組としての水力発電所設立により,水流速度を影響し,水の富栄養化を招き,水域にアオコの発生や生態系の混乱を起こす恐れがある(凌江 中国国家環境保護部汚染防止室副室長 2010年12月22日 中国水污染控制战略与政策创新研讨会)。それにも関わらず,IGESのCDMプロジェクトデータベース(2010年12月1日更新)により,中国においての水力発電プロジェクトは518件をCDMプロジェクトとして登録された。一方,地域の環境改善に貢献する可能性が高く,廃ガス・廃熱利用発電のようなCDMプロジェクトは僅か87件(CDQ 14件)という状況である。

このようにCDMプロジェクトによる環境の改善効果および周辺住民への影響は明示されていなく,プロジェクトは地域とあまりかわらない中で進められることが多い。従って,ローカルの持続可能性な開発に貢献度が低い低炭素取組(CERが多く発生,ローカルの環境改善に効果低い事業,HFC23 やN2O の排出抑制のCDM事業活動),あるいは環境汚染を起こす恐れがある低炭素取組(水力発電のようなCDM事業活動)は多く実施された。逆にグローバルの低炭素化と地域の環境改善の両方に貢献する可能性が高い低炭素取組の促進が阻害されている。

故にグローバルの低炭素化と地域の環境改善の両方に貢献度が高い低炭素取組を促進するために,低炭素取組の実施による温室効果ガスの削減効果だけではなく,地域環境改善の効果を明らかにしなければならない。**企業は低炭素取組に偏り,汚染対策が弱くなる可能性がある?**

1.2 目的

(1)GISを用いて,中国においての低炭素取組による汚染濃度の改善,汚染範囲の減少,暴露人口の緩和などの効果を定量的かつ視覚的に評価する。

(2)中国地方政府あるいは企業の低炭素対策形成において,費用対効果が高く,ローカルの環境改

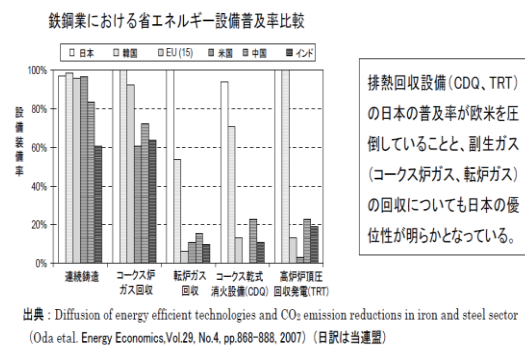
善を含む持続可能な発展に役を立てるアプローチを重要な位置をつけることは余儀がない。

本研究の評価を行うことにより,政府あるいは企業の低炭素対策の意思決定の際に,より具体的かつ有用な情報を与える。従って,低炭素化に役割を果たせるが,現段階の持続可能な開発(環境問題の改善)に乖離する可能性がある事業を抑え,低炭素化と地域環境改善という二つニーズを満たせる取組をより促進することを期待する。

2. 既存研究

2.1 中国製鉄所における低炭素技術現状

世界中の製鉄所において,主に使われている省エネ技術は連続铸造,コークス炉ガス回収,転炉ガス回収,コークス乾式消化設備(CDQ),高炉炉頂圧回収発電(TRT)である。「Diffusion of energy efficient technologies and CO2 emission reductions in iron and steel sector」の既存研究による,各技術が各国での普及率を図2に示す。当時に中国においてCDQの普及率は20%強が,日本において90%以上の普及率にも達成している。コークス乾式消化設備(CDQ:Coke Dry Quenching)は,鉄鋼業界でのエネルギー効率が世界一の日本の鉄鋼業界が保有する技術と経験である。今後中国の粗鋼生産量の増大が見込まれているので,中国においてCDQの普及が期待されている。



(図2 鉄鋼業における省エネルギー設備普及率比較)

日本が中国の製鉄所にCDQ廃熱回収装置を導入した事例は日本の技術を利用した代表的なCDMである。また京都メカニズム情報プラットフォームにCDQ廃熱回収装置を導入するCDMプロジェクトは「コベネフィット型のCDM」として今後も推進されるプロジェクトであると書かれている。

さらに既存研究(山西省太原市安泰企業集団,中国山西省におけるコークス乾式消化設備設置によるCDMプロジェクトの設計 張 興和等)によると,CDQ導入により七つの効果をもたらすこ

とが分かった。(1)石炭の節約 (2)温暖化ガスであるCO2の排出削減 (3) 汚染物質であるSO2とNOxの排出削減 (4) 水の節約 (5) 汚染物質である粉塵の飛散を削減 (6) 汚染物質であるCO排出を削減という六つの効果がある。またコベネフィット要素以外に(7)高品質コークス生産という効果があると分かった。

2.2 CDQ普及に向けた課題

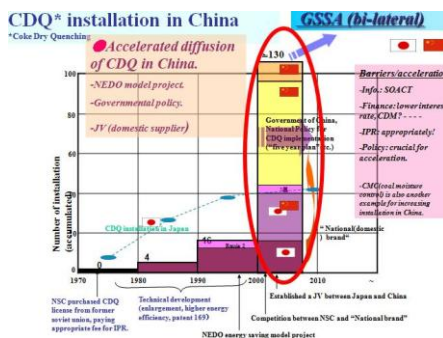
中国における代表的な低炭素取組としてはCDQ導入プロジェクトのCDM登録状況(表1)により,2007年から2010年10月までに,CDMを通じて14基のCDQ設備を中国に導入された。

	2007	2008	2009	2010.10 まで	全部
登録	6	15	12	3	36
却下		6	5		11
申請取り下げ			4		4
申請中				4	
登録(CDQ)	2	5	7		14
却下(CDQ)		1			1
申請取り下げ(CDQ)			1		1
申請中(CDQ)				2	

(表1 CDQ 導入プロジェクトの CDM 登録状況)

IGES CDM プロジェクトデータベース(2010年10月)による作成

一方,GSSA(Global Steel Sectoral approach)の研究(図3)により,2008年の時点では中国のコークス産業において約130基(42基は既存)は必要とされる。



(図3 CDQ installation in China)

CDMを通じて導入されたCDQは総数の10.8%を占めている。故に,中国においてCDMによる低炭素技術普及役割はある程度に見られるが,さらにこれから中国においてのCDQ普及に向けて,CDMの役割だけではなく,NAMAs(Nationally Appropriate Mitigation Actions)の役割と国内

政策も大きく注目する必要がある。特にCOP16のサイドイベント(2010年11月30日,日本海外環境協力センター主催)において瀧口博明氏(環境省水・大気環境局 国際協力推進室長)は「Co-Benefit approach is the entry point of nationally appropriate mitigation actions.」と強調した。そのため,CDQのようなプロジェクトのGHG削減効果だけではなく,ローカルに対する環境改善効果を明らかにすることが非常に重要となっている。CDQのローカルに対する良い効果を明確することにより,ポスト京都時代に向けて,中国においてNAMAsあるいは国内低炭素対策の立案に有用な情報を与えることが重要な課題である。

3. 研究手法

3.1 既存評価手法の欠点

日本の京都メカニズム情報プラットフォーム(ホームページ)に提案されている定量的評価方法によると,プロジェクトによる大気改善効果を定量的に評価する可能になっている。しかしその定量評価方法は,プロジェクト実施以前と実施後の汚染排出濃度などのデータを整備することを条件付け,プロジェクトの実施によるSOx・NOx・煤塵などの汚染物の削減量しか計算できていない。プロジェクトの実施により,工場周辺の住民が何らかのベネフィット(汚染濃度の改善,汚染範囲の減少,暴露人口の緩和などの効果)評価していない。

3.2 評価手法の提案

3.2.1 評価フレーム

低炭素取組による大気環境の改善効果および周辺住民への影響を明確化するために,本研究が新たに評価手法を提案する。評価フレームは文献調査,現地調査,Meti-Lisによる拡散シミュレーション作成,GISによる暴露分析評価という四つ手順に分かれている。本件研究のプロローチャートを図4に示す。

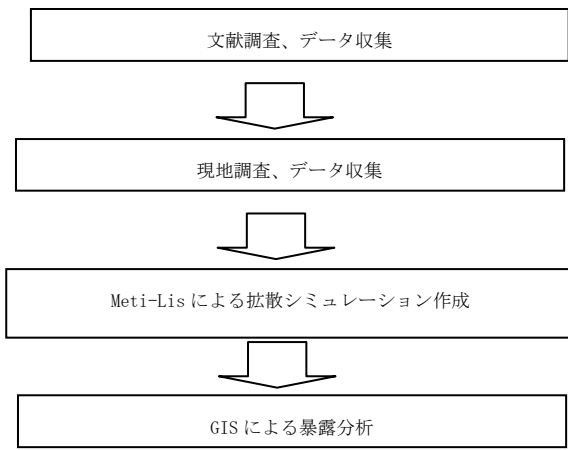


図4 研究のプロージャート

排出の算定では、研究対象プロジェクトと同種類プロジェクトのPDDあるいはプロジェクトの環境影響報告書(EIA)から、削減汚染の種類を明らかにし、PDDとEIA中の情報により、プロジェクト実施前の汚染物排出量とプロジェクト実施後の汚染物排出量を計算する。拡散シミュレーションではMETI-LISという拡散モデルを用いて周辺地域への排出の拡散をシミュレータする。暴露分析ではGISソフトを用いて人口分布と濃度分布を関係付け、暴露量を評価する。

3.2.2 提案手法の有利点

GISは、われわれに従来にない空間と時間の精度で、環境問題を直視し、従来にない学際的な方法で、問題の理解と解決を助けてくれる（厳網林 GIS原理と応用 P241）。

GISを利用する利点は、評価結果の視覚化できる。つまり、プロジェクトの影響を分析するには、プロジェクト周辺のGIS情報を取り組まれることによって、プロジェクトによる周辺への影響を明確化できる。

本研究では特定のプロジェクトの影響のみについて考えるため、低炭素事業による地域大気環境の改善効果および周辺住民への影響を明確化するため、プロジェクトを中心に対象範囲も20km四方までとする。METI-LISは発生源近傍用という位置づけであり、半径4km-10km程度が信頼性が高い。故に、METI-LISモデルを利用して、プロジェクトの近傍解析を行う。

4. 研究対象

4.1 プロジェクト概要

本件研究において、日本丸紅商事株式会社が

参与した「Waste Heat Captive Power Project in Hualing Liangang」というCDMプロジェクトを研究対象プロジェクトにする。ホスト国は中国であり、プロジェクト事業者は湖南華菱漣鋼鉄鋼工場である。該当プロジェクトは2008年8月29日に国連のCDM理事会に登録された。該当プロジェクトでは150t/hのCDQ設備を設置し、CDQは赤コークスの廃熱を回収し、発電により工場に電力供給を行う。発電キャパシティは20Mであり、年間141.84GWhの電力を純供給すると見込む。図5はCDQ技術のイメージを示す。表3はプロジェクト概要を示す。

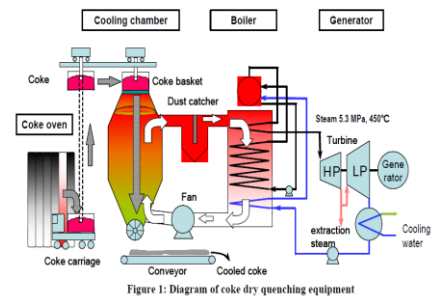


Figure 1: Diagram of coke dry quenching equipment

図5 CDQ技術

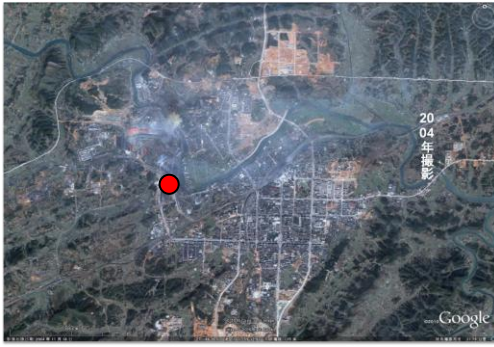
プロジェクト名	Waste Heat based Captive Power Project in Hunan Hualing Liangang
プロジェクト事業者	Marubeni Corporation
場所	湖南省(HUNAN Province) 婁底市(Loudi City)
プロジェクト登録時間	2008/08/29
CO2削減量(トン/年)	13万
Fee level	USD 25249.2
導入技術状況	the Project will introduce part of the key equipment from abroad
汚染物の種類	Dust
汚染物削減量	Dust -30 mg/m ³ ---4.3 kg/h
プロジェクト周辺の人口	40万
市街地への距離	5キロ
周辺の産業状況	特になし
周辺地形	盆地

表3 プロジェクト概要

CDQの発電による本来中国中央グリッドから購入した電力は代替され、business-as-usualのシナリオである火力発電所からの年間133746トンのCO2排出が回避される。

4.2 対象地域概要(中国湖南省・婁底市)

該当工場の位置は中国・湖南省・婁底市・婁星区(図6 婁星区衛星写真)にある。



(図6 2004年の婁星区衛星写真 Google Earth 提供)

市の総面積は8117平方メートル、総人口は418万人である。婁星区の位置範囲はE111°56'-112°03',N27°41'-27°47'である。土地面積は426平方キロ、耕地面積は115.6平方キロ。

5. 研究対象に関する調査

5.1 該当プロジェクトPDDによる大気環境改善の調査結果

The Project includes installation of one set of CDQ facility (Type JNG90-1) with a quenching capability of 150 t/h and on average 0.55 t of steam can be recovered by quenching 1 ton of coke.

Major pollutant of the Project is coke dust. And major pollution sources of the Project are loading inlet of CDQ stove, coke outlet, discharge outlet of vented gas in the pre-storage room, discharge outlet of circulating fan and various unloading points on the galleries and so on of CDQ system. The project owner will adopt the following measures to control the flue gas emitted by CDQ system:

- Install annular water seal at coke inlet at the top of CDQ stove;
- Connect coke receiving funnel with movable dust extraction tube, reducing pollution resulting from dust diffusion;
- Inflate nitrogen into the shell of coke outlet device to withstand the gas pressure inside the stove, thus avoiding the blow by of circulating gases;
- Install flue trapping device at the coke inlet, coke outlet, discharge outlet of pre-storage room, discharge outlet of coke quenching circulating gases and so on of CDQ stove, and

send the flue gas and dust generated to the CDQ de-dusting station located on the ground;

- Install a set of high-efficiency impulse bag-type dustor at the CDQ de-dusting station on the ground, with a de-dusting efficiency of higher than 99.5%. Flue gas, after being purified, will be discharged after passing through a 24-meter-high air discharge chimney. Dust concentration at the chimney outlet is below 30 mg/m³, and the maximum dust discharging rate is 4.3 kg/h, both satisfying the second-level standard (120 mg/m³ for concentration and 12.7 kg/h for discharging rate) of Integrated Emission Standard of Air Pollutants(GB16297-1996);
- Inert gases utilized by CDQ, after the first de-dusting, will be recovered by CDQ stove to collect the waste heat, and recycled for usage after the secondary de-dusting.

5.1.1 PDDによる同種類プロジェクトの環境改善効果の調査結果

(1) Installation of waste heat recovery system in a coking plant in Qian'an City, China---2*15MW,216685t-CO₂/y

- Improve air quality. Cooling one ton of coke with wet quenching system will produce 0.5 ton of steam which includes benzene, CN, SO_x and dust. Pollutants produced in the process of wet quenching system comprises of one third of the total pollutants produced in the whole coking process. CDQ will result in significant reduction of dust emitted into the air.
- Coke wet quenching system produces dust ranging 200 – 400g /t-coke while that of CDQ will be less than 3 g/t-coke based on empirical data obtained from CDQ facilities in Japan. When operating wet coke quenching system, red hot coke produces SO_x which would be released into the air with steam as a result of water spraying.

(2) Baotou Iron & Steel Coke Dry Quenching #3 and Waste Heat Utilization for Electricity Generation Project ---15MW 84,278tCO₂/y

- Waste gas: In order to prevent air pollution (mainly dust) caused by the CDQ project, the

project company will install dust-catching equipment at the following places: the loading inlet of the CDQ stove, the red-hot coke transmission network, the coke discharging system of the CDQ stove, the coke dropping point and transition point of the conveyer belt, the gas discharging outlet, gas circulating decompression outlet and dust loading place, etc. By these measures, emissions of dust and other harmful particles will be significantly reduced compared with the amount emitted from CWQ, which greatly improves the local air quality. Key data are listed in the following table.

Comparison of air pollution from CDQ and CWQ¹⁰ (mg/m³)

Equipment	hydroxybenzene	cyanide	sulfide	ammonia	Coke dust	CO
CWQ	33	4.2	7.0	14.0	13.4	21.0
CDQ	--	--	--	--	7.0	22.3

10 The actuality and expectation of the CDQ technology in China and abroad, Metal Management Wangsiwei, May 2006, pages 46-49

表 4 CDQ の大気改善効果

5.2 フィールドワーク調査

5.2.1 婁星区の現状

(1) 経済と人口

当市の婁星区の経済状況と人口構造について 2008 年末の人口は 406361 人（常住民 429344 人）、都市化率は 90.08%、面積は 426 平方キロメートル、人口密度は 1151 人/平方キロメートルが分かっている。1990 年-2008 年に婁星区の人口は 2.6%増加率で増えている。ただ婁星区の経済と人口発展（図 6）をみると、



図 6 婁星区の経済と人口発展

一人あたり GDP は 1990 年に 8000 元から 2008 年に 34814 元となり、平均成長率は 8.5% になっている。

(2) 気象状況

婁星区の気候は温和であり、亜熱帯の季節風

湿り気候地域（表 5 婁星区概要）に属する。四季がある。年内最高気温は 41.2℃、最低-1.6℃、年降水量は 1814.5mm、3 月-7 月に雨水は多い、9 月-12 月雨量は少ない、年間は東北向の風向が主導風向になっている。

漣源鉄鋼工場に最も近い婁星区の気象局から 2009 年 1 月、4 月、7 月、10 月の風速データ、風向データ、温度データ、日照時間データという 4 種類のデータを提供された。すべてデータは精度が一時間ごとのものである。

Average Wind Speed	1.12 m/s (2009.1)
Average Temperature	5.14°C (2009.1)
Number of generations	160000 (2008)
Population Density	1151 person/km ²
Area	426 km ²

表 5 婁星区概要

5.2.2 漣源鉄鋼工場

(1) 工場概要

漣源鉄鋼工場（漣鋼）は 1958 年に設立され、現在総資産は 256.8 億元、2008 年の売上収入は 216 億元。漣鋼は主にコークス、焼結、製鉄、製鋼などの工場を構築されている。2006 年に 440 万トン鋼、412 万トン銑鉄という生産実績があった。2005 年に漣鋼の総面積は 11.15k m²（約 SFC の 30 倍）。現在漣鋼は 7 基の高炉を保有し、300 m³-480 m³の高炉は 5 基、#6 高炉は 2200 m³（2003 年-2005 年 建設）、#7 高炉は 3200 m³（2007 年-2009 年末 建設）。その中の 6 基は TRT 設備（高炉炉頂圧発電設備）を設置した。また 1 基を改造・拡大することを企画している。

2002 年から 2005 年までに工場面積は毎年平均 0.38k m²で拡大してきた。2008 年に従業員は 15845 人（婁底年鑑 2009 年）であったが、2002 年は 19282 人という規模であった。従業員人数は徐々に減っていることが分かった。一方、漣鋼の各原材料の生産状況と工業総生産値（図 7）



を見ると、

(図7 各原材料の生産状況と工業総生産値)

2005年漣鋼年鑑による作成

コークス工場は2002年の58.26万トンから2005年の126.7万トンのコークス生産実績を遂げた。焼結工場は2002年の259.29万トンから2005年の540万トンの焼結鉄生産実績を遂げた。また銑鉄生産量は2002年の178.34万トンから2005年の375.4万トンに拡大してきた。従って、漣鋼は2002年—2005年の工業総生産値は2002年38.3億元, 2003年48.6億元, 2004年105.7億元, 2005年127.6億元となり, 目覚ましい成長を果たしたことが分かった。

(2) 漣鋼とCDMプロジェクト

高速成長を遂げた一方で, 省エネルギー技術の古いことによるエネルギー効率の低い問題が発生している。その問題は工場の生産コストに直接関わっている。それにより, 2005年から当工場は省エネ対策への取り組みが始まった。2005年から主にCDQの導入を始め, 高炉にTRT(高炉ガス余圧発電)の設置, 高炉排ガスの発電, 転炉ガスの発電などの省エネ対策を取り込んだ。

現在当社はCDMとして国連に登録したプロジェクトは二つがある。本研究において対CDQ導入プロジェクト「Waste Heat based Captive Power Project in Hunan Hualing Liangang」を対象とする。それ以外に, 「Waste Gas based Captive Power Plant in Liangang Group」というプロジェクトもCDMになっている。また他の二つプロジェクトは中国の他の二つは中国指定国家機関(Designated National Authority: DNA)で認証済みという段階である。

5.2.3 汚染源の位置

該当プロジェクトを研究対象に選択するときに, 選択基準の一つとして工場と人口集中の市街地との距離を考えた。フィールドワーク調査結果による鉄鋼工場は婁星区の西部に位置し, 図6に赤点は汚染源であるコークス工場の場所(27°44'50.50"N, 111°57'36.00"E)を示す。

5.2.4 CDMプロジェクトに関するヒアリング

漣鋼に訪問する際に, 20人の職員にヒアリングした。結果としてはCDQ導入のCDMプロジェクトについて, CDQの年間運営時間はほぼ8150時間となり, CWQはほとんど使わなくなっていることが分

かった。すべての職員はCDQの導入による敷地内の作業環境を大変改善したと答えてくれた。一方, CDQ管理の担当者から高レベルのCDQ技術の導入による, 精密な操作, 点検やモニタリングが必要となり, 仕事の負荷はCWQの管理と比べてかなり重くなっているのに, 給料の改善がなかったことが分かった。また職員がCWQの高さと排出口の面積を教えてくれた。またすべての職員がCDQの発電効果に対してはとてもいいと評判した。職員による更に生産量を拡大するために, 2011年に当工場においてはコークス炉とCDQを新築する企画があると分かった。

6. 考察

6.1 婁底区の経済成長

5.2.1による特に2003年—2008年の一人当たりGDPを見ると, 平均21.4%の急伸び率を果たした。

(2003年13205元)。2003年—2008年の婁星区GDPを見ると, 2003年は54億元, 2008年154億元となり, 平均23.3%の成長率を果たした。故に2003年以降はその町の高度成長期を認識できる。

6.2 CDQ技術の特徴

5.1によるCDQ技術の初期投資が普通のCWQ(Coke wet Quenching)の初期投資の20倍なので, 近年, 中国の鉄鋼業において, CDQを控えてCWQを導入するケースが多い。それで, 2000年—2004年の間に中国においてCDQの普及率は10%以下である。一方, 日本での普及率は90%以上である。

新日本製鐵株式会社の中国遷安でのCDQ導入CDMプロジェクトのPDD(UNFCCC, 国連に登録した)によると, 2基のCDQ(15MW*2=30MW)を導入すると, ①年間253,470MWhの電力を生産できる②16,685tCO₂e/yearを削減できる③煤塵はTSPの主要汚染物の一つである。CWQと比較すると, 0.38t/t-cokeの水使用量を削減できる④CWQの場合は200—400g/t-coke煤塵を水蒸気に含まれて大気に排出される。CDQは僅か3g/t-cokeである。⑤CDQの導入と維持・修繕により, CWQのスタッフ人数の10倍を雇用される可能性がある。

6.3 プロジェクト実施原因分析

中国全体的な経済成長と地域の経済成長に伴って, 2002年から鉄鋼の需要量は大幅に増加してきた。市場のニーズを答えるために, 当社は重

要な製鉄原料としてコークスの生産量を拡大するために、2001年11月と2004年4月に年間生産量55万トンと60万トンのコークス炉を投資し、2003年6月と2005年6月にそれぞれのコークス炉の運営を始めた。そして、2002年～2005年にコークスの生産量は582602トンから1267410トンに急伸びた。その新しい115万トン/年の生産量(134.55～148t/h)を見合わせるためのコークス消火設備は要求された。従って、CDQの導入プロジェクトを検討された。当時の中国においてCDQの初期投資はCWQの20倍ということで、CWQは汎用の技術で一般のビジネスとして投資されていたが、CDQの投資案件は非常に少ない。だが当社は2005年5月にCDQの建設は開始し、2006年5月に建設は済み、コークスの消火処理を開始した。2006年8月にグリットに電力供給が開始した。該当プロジェクトの投資は全部で1.8億元であった。

6.4 工場立地

5.2.3による、該当工場の立地は市街地への距離はとても短いが見つかった。コークス工場を中心に半径5.6キロ内に42万住民の市街地婁星区が存在することを明らかにした。市街地は製鉄工場に近いと、住民は製鉄工場からの大気汚染の影響を受けやすいと考えらる。

6.5 気象状況と環境影響

1月と4月の風向データを分析した結果(図8)は、1月はESE風向は最も多くて86回、E風向は68回、ENE風向は59回であり、4月ENE風向は最も多くて84回、E風向は83回、NE風向は77回と示している。その結果による、現地では東方面の風が圧倒的な割合を占めるが、西方面の風の回数が少ないことが分かっている。風況を工場位置と市街地位置と合わせてみると、市街地が工場の下風にある場合が多いことを明らかにした。従って、もし工場は真剣に環境対策をとらないと、工場から排出された汚染物は市街地の住民に大きな影響を与える可能性があると考えている。



図8 1月と4月の風向回数図

婁星区の気象局の提供データによる作成

7. シミュレータによる対象プロジェクト評価

7.1 各条件の設定

同様な現地実際の気象条件の下に、もっと現状に近いかつ客観的にプロジェクトの効果を評価するために、婁底市・婁星区における気象測定局から2009年の現地の気象状況を代表できる時期(1月 4月 7月 10月)の気象データ(風向 風速 気温 日照時間)を提供する。Meti-Lisモデルを使う

地図: 図6 2004年の婁星区衛星写真
Google Earth 提供

評価対象: 婁星区平均一時間の煤塵濃度(プロジェクト実施前後)

風向データ: 2009年1月の毎時間データ(該当市気象局提供)

風速データ: 2009年1月の毎時間データ(該当市気象局提供)

気温, 日照率: 仮に大気安定度Cに設定(気温, 日照率から大気安定度に換算する予定)

地形, 建物データ: 省略(SRTMデータによる作成予定)

稼働率: 93%(フィールドワーク調査結果)

排出源位置: フィールドワーク調査によるGPSデータ

排出源条件・煙突高さ: フィールドワーク調査結果

汚染物排出濃度: 技術提供元の新日鉄による情報提供

7.2 シミュレーションの出力(1月)

GISを用いて、CDMプロジェクトによる地域の大气汚染濃度の改善, 汚染範囲の減少を定量的に評価するために、プロジェクト実施前後のシミュレーションを出力する。

図9はプロジェクト実施前の婁星区平均一時間の煤塵濃度を示します。図10はプロジェクト実施後の婁星区平均一時間の煤塵濃度を示します。図11は操作中のCWQ様子(馬鋼)。それにより一時間約75トン水蒸気(煤塵などの汚染物を含み)を排出されていたことを明らかにした。

図 12 はプロジェクト後の CDQ 設備操作の様子（漣鋼）。図 13 は操作停止した CWQ 設備の様子（漣鋼）。

5.2.4 による CDQ 導入の CDM プロジェクトについて、CDQ の年間運営時間はほぼ 8150 時間(図 12)となり、CWQ はほとんど停止され(図 13)、CWQ から煤塵を含む水蒸気を抑えることにより、大きな環境改善をもたらしていることを判断できる。また工場職員の回答による CDQ の導入による敷地内の作業環境を大変改善したと分かった。

また二つシミュレーションの結果によるプロジェクト実施前と比較すると、プロジェクト実施後は現地の環境改善は顕著的に見える。(シミュレーション精度調整と具体的な数字評価を行う予定)

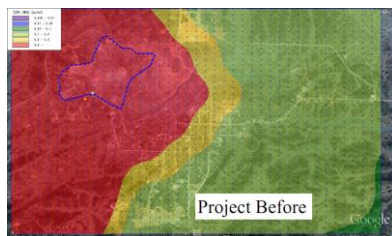


図 9 プロジェクト実施前の婁星区平均一時間の煤塵濃度

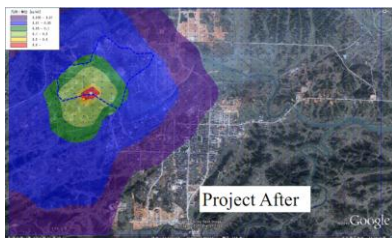


図 10 プロジェクト実施後の婁星区平均一時間の煤塵濃度



図 11 操作中の CWQ 設備の様子（馬鋼の CWQ 設備）

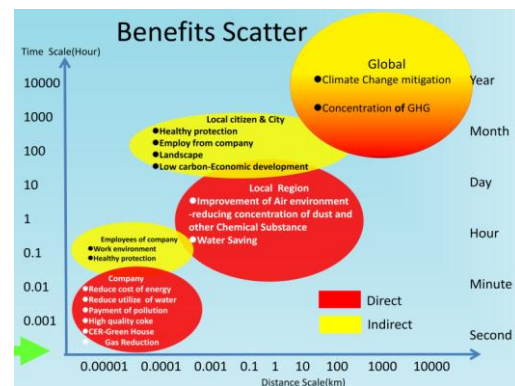


図 12 プロジェクト後の CDQ 設備操作の様子（漣鋼）



図 13 操作停止の CWQ 設備（漣鋼）

7.3 ベネフィット分布分析



8. 課題

精密的な拡散シミュレーションを作成するために現実的な気象条件を表現する必要がある。日照率と気温から実際の大気安定度を求める。また婁底市は周囲を高い山々に囲まれているという特徴的な自然条件を考える必要がある。排出源近傍の建物や山による大気汚染のダウンウォッシュ量を考慮する。従って SRTM データによる地形データを作成する。

シミュレーションから得た汚染濃度分布を ArcRCGIS による地図上にメッシュ状の汚染濃度分布データに加工する。ArcRCGIS による汚染濃度を地図に合わせて、汚染の影響範囲・濃度を表示する。

METI-LIS によって得られた汚染濃度分布と人口分布（いずれもプロジェクト前と後のデータ）を関連付けて、どの程度の汚染をどれだけの住民が暴露したのかを分析する。この分析は同じく GIS を利用する。

プロジェクト前とプロジェクト後に現地において土地利用変化・都市化による市民移住（人口分布）などの変化がある可能性がある。従い、プロジェクト実施前の衛星写真と文献調査による、プロジェクト実施前状況を再現できるメッシュ状の人口分布データを作成する。プロジェクト実施後のメッシュ状の人口分布データを現地調査の結果と衛星写真による作成する。この分析を行うにあたり、濃度と人口を地図上にメッシュ状に区切ったグリッドに代表させて評価する。そのため、METI-LIS のシミュレーションにおいてグリッドの中心に任意計算点を置き、各グリッドの代表濃度をえる。計算方法は、地区1単位中の人口は一様に分布しているとみなし、各グリッドに面積に応じた人口を分配するという方法を採用する。こうして得られた人口分布データに、METI-LIS で求めた濃度分布を掛け合わせることで当該地域全体の延べ暴露量が得られる。プロジェクト実施前後の暴露量を比較することによって、暴露量の改善度を定量的に評価する。

またプロジェクト実施の燃料代替効果（プロジェクト発電量）による発電所から購入する電力も削減することによって、間接的に発電所の汚染物排出量（SO₂）も削減する効果もある。発電所の排出回避された SO₂ 排出量を求める。

さらに中国において鉄鋼工場が製造設備・工程改善と大型排熱排ガス回収設備の導入による省エネ化が進んだ上で、CDQ 導入の良い経験を活かし、地球温暖化問題と地域環境問題を巡って如何に CDM・NAMA s・12 次 5 年計画を通じて、より高いレベルのエネルギーの高効率（日本の鉄鋼の連続鑄造技術）と循環型社会へ取り組み（COURSE 50）の技術を中国の鉄鋼工場に導入し、その CO₂ 削減ポテンシャルと地域環境改善への貢献（図 11）に関する研究を行う予定。



図 11 鉄鋼工場による地球・地域への貢献

参考文献

（山本 良一 2009.4）地球温暖化とその環境影響予測 日本機械学会誌 2009.4 vol.112 NO.1085.

（気候変動 2007・政策決定者向け要約 日本訳 P8）.

（環境科学1・自然環境系 河村 武 岩城英夫 1995 ）.

（環境儀 NO.21 July 2008 中国の都市大気汚染と健康影響 国立環境研究所）.

明日香 寿川 2003年度秋期大会シンポジウム「東アジア域における環境変化と気候」の報告」.

「新エネルギーのすべて」（化学工学会 SCE.Net）

（『中国環境年鑑2005年版』）

Diffusion of energy efficient technologies and CO₂ emission reductions in iron and steel sector -Odaetal,Energy Economics,Vol.29,NO.4,pp.868-888,2007

Installation of waste heat recovery system in a coking plant in Qian' an City, China PDD: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1169854653.18/view>

（現代の経済政策第3版 第12章 環境政策 田代洋一ら ）.

京都メカニズム情報プラットフォーム : <http://www.kyomecha.org/>

国土交通省 国土地理院 : <http://www.gsi.go.jp/GIS/whatisgis.html>

GIS原理と応用 巖 網林 p241

大気拡散から暴露まで ADMER・METI-LIS NEDO 技術開発機構・産業技術総合研究

所化学物質リスク管理研究センター
編 中西 準子・花井 莊輔 東野 晴行 吉
門 洋 吉田 喜久雄 著

火力発電所から排出される硫黄酸化物の外部性
評価 2003. 石川 佳宏

Waste Gas based Captive Power Plant in
Liangang Group
PDD:<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1183468625.95/view>

Waste Heat based Captive Power Project in
Hunan Hualing Liangang PDD:
<http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/DNV-CUK1204693956.63/view>

旅日婁底同郷会成立大会：発表資料

Yuji MIZUNO (2010), 環境技術システム論－
Current situation and issues of the CDM in Asia
(PPT by 14 January)

三田 廣行 (2006), 『中国環境年鑑2005年版』, 第一
特別調査室, 「立法と調査No. 262 P50」.

IGES白書 (2008年6月21日) -アジア太平洋の未来
戦略, 気候政策と持続可能な開発の融合を目指し
てP57, 144, 158

京都メカニズム情報プラットフォーム, 京都メカ
ニズム国 別 ポ ー ト フ ォ リ オ , 中華人民共
和国 (2008. 7)
<http://www.kyomecha.org/pf/china.html>

2009年「中国環境状況公報」 2010. 5. 31

中国環境産業年鑑2008年版

APEC環境技術交流促進事業運営協議会・中国環境
ニーズ調査報告書, 大気環境質量標準

佐藤 創 アジアにおける鉄鋼業の発展と変容
2007年3月

岡崎 照夫 低炭素社会に向けた鉄鋼業と産業

システム-鉄鋼業のセクトラル・アプローチ 電
学誌129巻1号2009年

李 麗平 建設“两型”社会需发挥协同效应 中
国環境報第2版 2010. 10. 15

2009年婁底市年鑑

Hiroaki TAKIGUCHI, Japan's Activities to
Promote A Co-benefits Approach November
30. 2010 COP16 side-event, Cancun

奥野 嘉雄, 鉄鉱石から鉄を生み出す(上) 物
づくりの原点-科学の世界vol. 8 2004. 1. 2

藪田 和哉等, 循環型社会に貢献する鉄鋼スラ
グの利用技術 JFE技報No. 6 (2004年12月) p. 24
-29

小田潤一郎, 秋元圭吾 鉄鋼部門の地域別エネル
ギー効率の評価 Journal of the Japan
Institute of Energy 88, 1009-1016 (2009)

王思微 国内外干熄焦技术现状及发展趋势
中国应对气候变化的政策与行动-2009年度报告

李杰 常海平 张国宁, 熄焦塔污染源调查与影响
分析 河北冶金 总第120期2000年第6期

汪建川等, 熄焦塔污染物现状研究 工业安全与环
保 2007年第33卷第1期

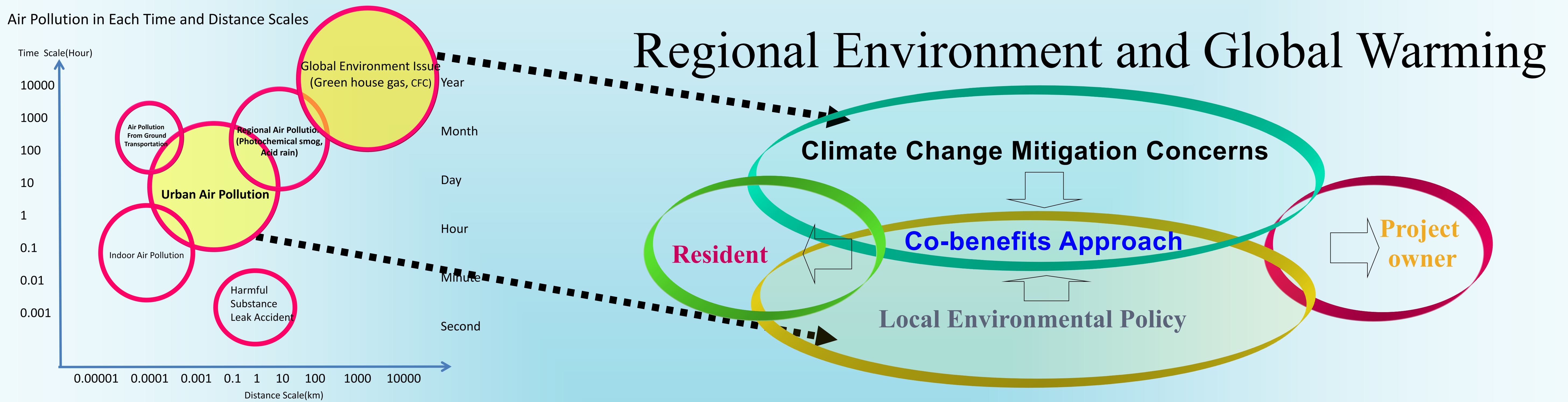
陈朝辉, 干熄焦技术应用前景分析 科技情报开发
与经济 2009年 第19卷 第25期

Evaluation of Improvement effect to Atmospheric Environment from CDM Project

-The Case study of The Co-benefit approach at Iron & Steel Industry In Developing Country

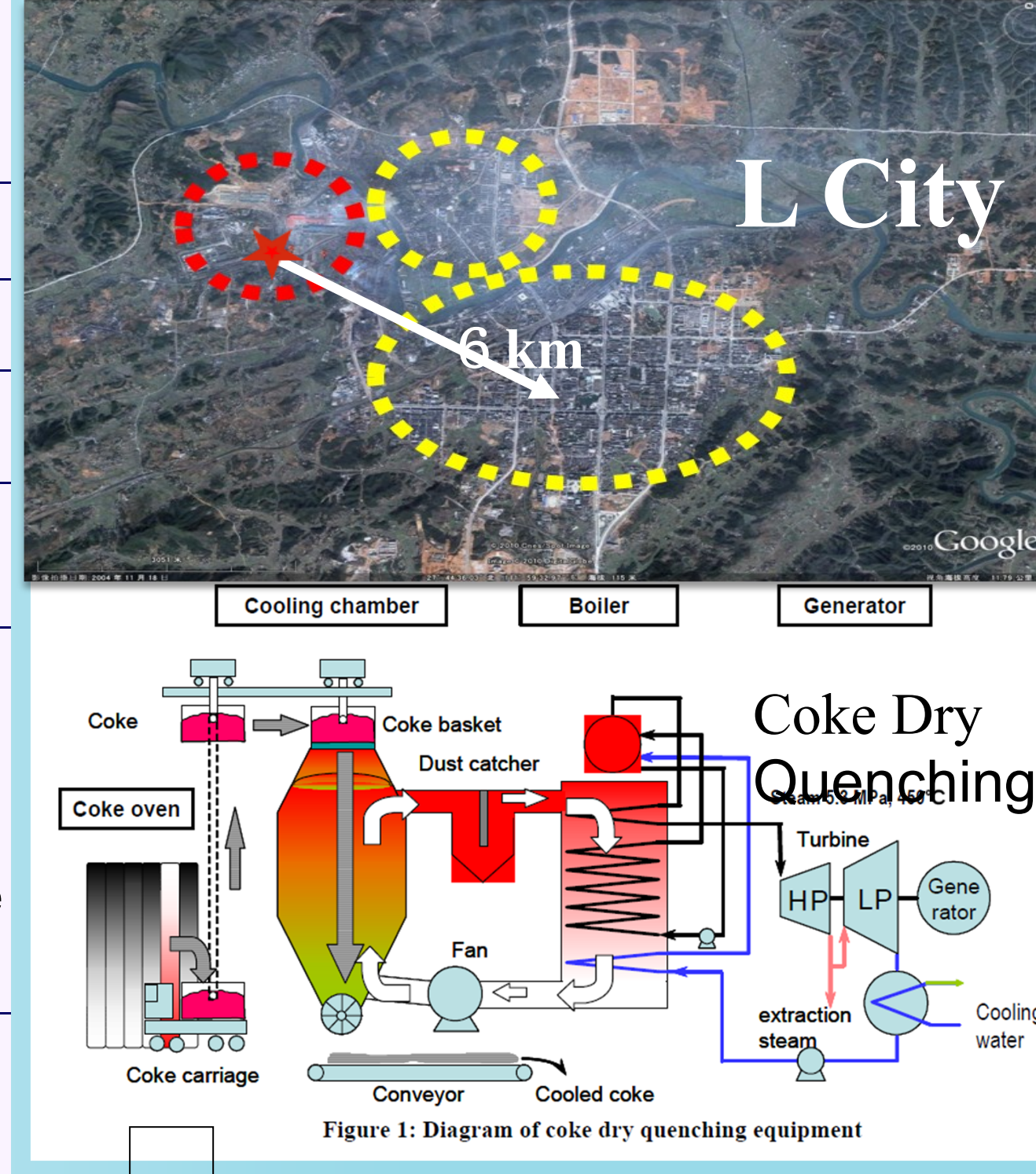


This research will quantifiably calculate the improvement effects which include concentration of air pollution with GIS technology, extent of air pollution and exposure population, and discuss the method of how to indicate it in project develop document. Through the research, the economic benefits for the project developer and the environmental improvement effects for the region will become visualization together, and the more smooth project implementing can be expected.

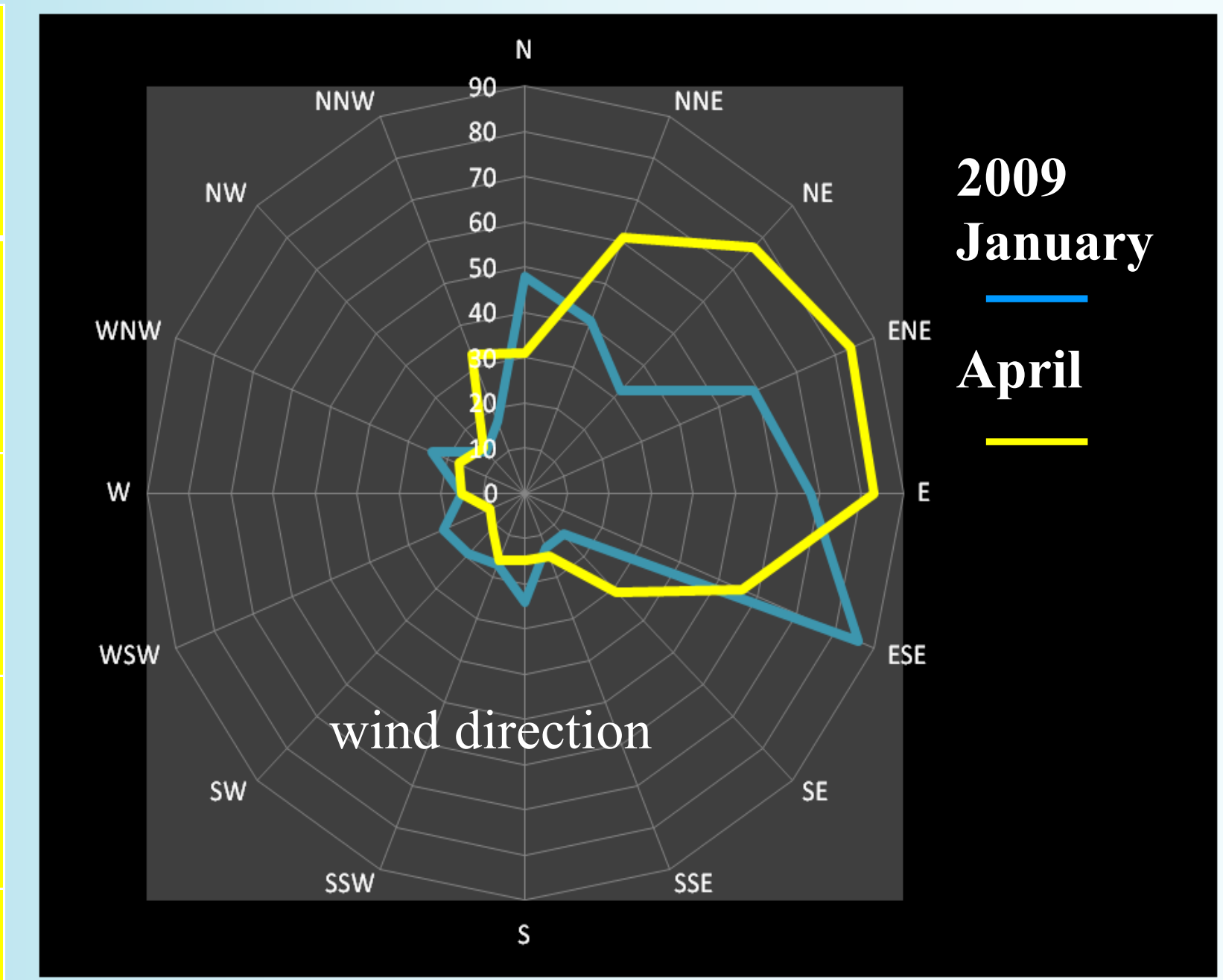


The Co-benefit approach at Iron & Steel Industry -Install Coke Dry Quenching(CDQ)

Target CDM Project	Waste Heat XXX (Steel industry)
CER Buyer	MXX, Japan
Location	LXX City
Registration Date	2008.XX XX
Estimated Ave. Annual CERs	130000
Technology employed by the project activity	CDQ-150t · coke/h 20MW Annual net electricity supply 141.74GWh Investment \$ 26980000 CDQ requires upfront investment of 30 times more than that of wet quenching system (CWQ)
Population in project area	420000

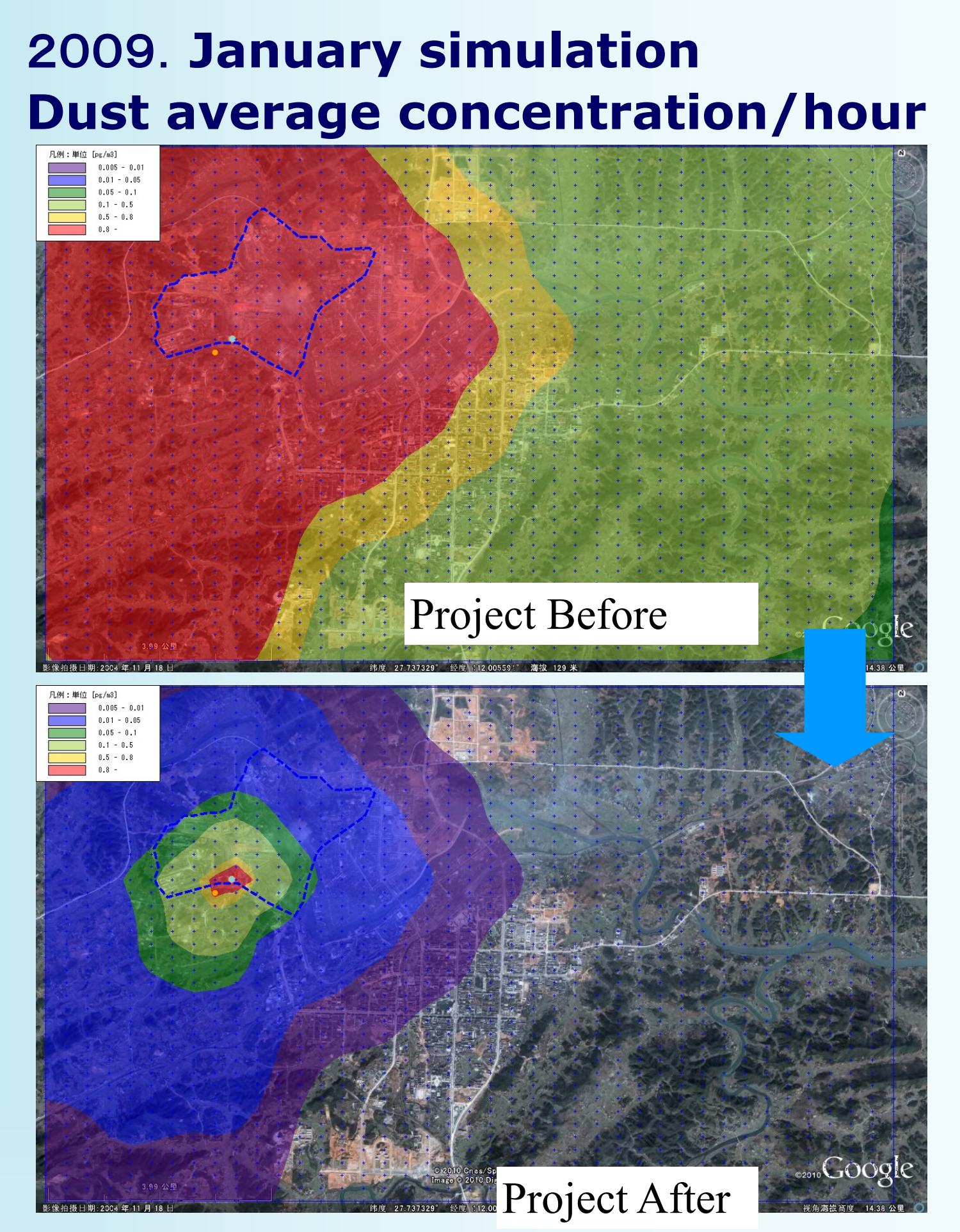
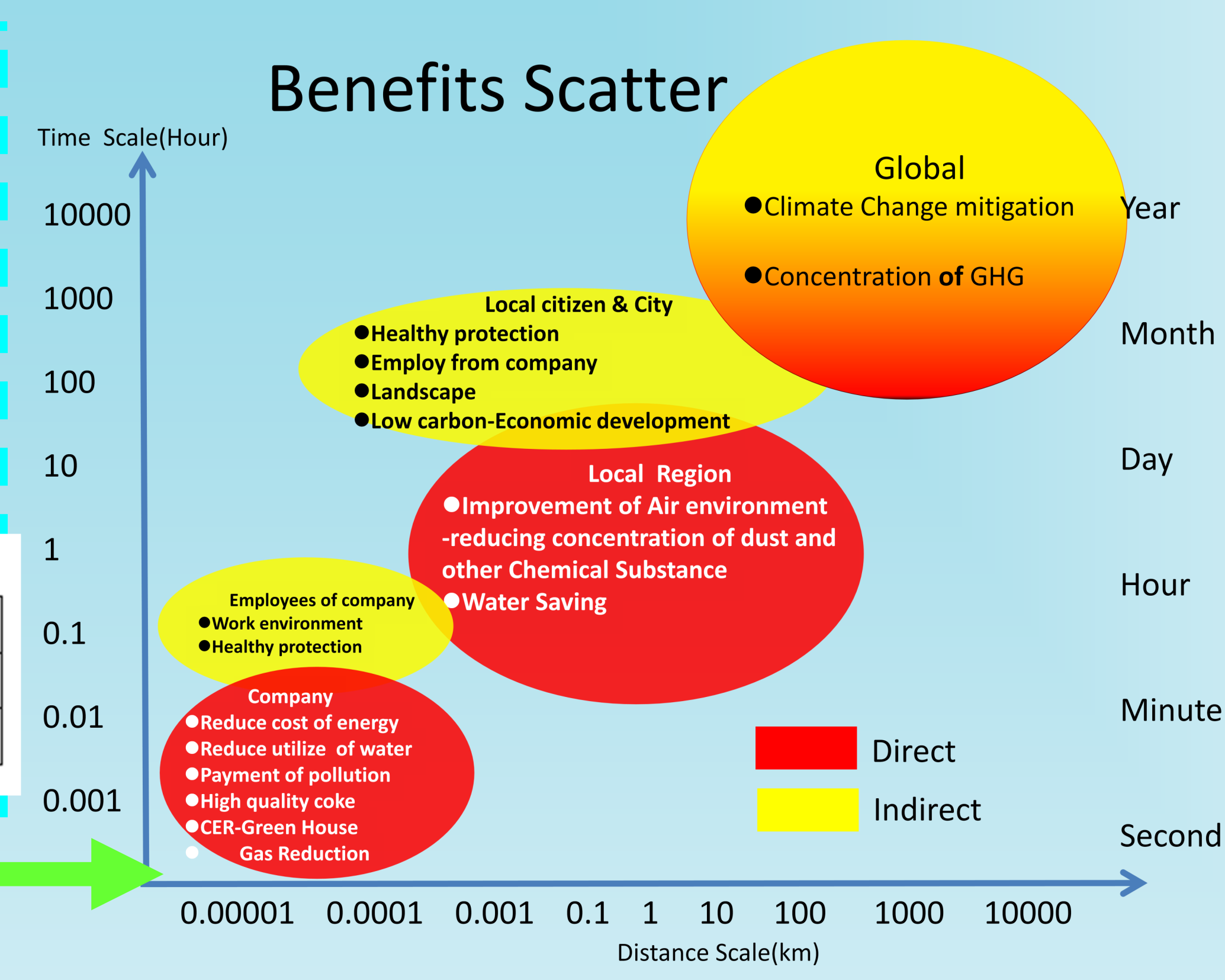


Average Wind Speed	1.12 m/s (2009.1)
Average Temperature	5.14°C (2009.1)
Number of generations	160000 (2008)
Population Density	1151 person/km²
Area	426 km²

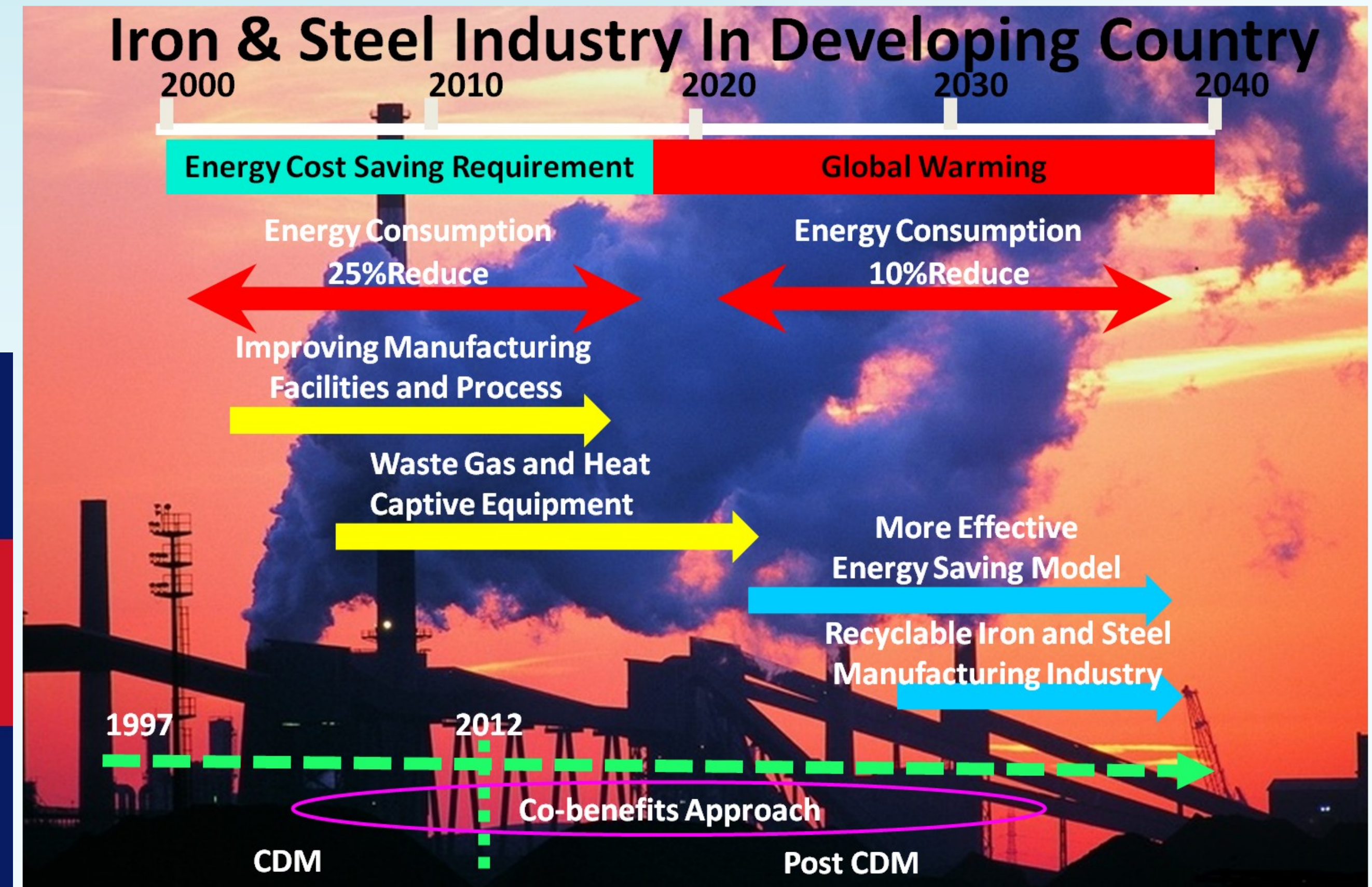


CWQ operator **CWQ stop** **CDQ operator**

Equipment	hydroxybenzene	cyanide	sulfide	ammonia	Coke dust	CO
CWQ	33	4.2	7.0	14.0	13.4	21.0
CDQ	--	--	--	--	7.0	22.3



Through improving the manufacturing equipment and process in the iron and steel manufacturing industry within the developing countries, the experience of utilizing CDQ as a technology will help in resolving the global warming and local environmental issues. Thus, it gives rise to the need and importance to implement an effective and efficient CDM to support co-benefits approach, so as to achieve a more effective energy saving model and to create of a recyclable iron and steel manufacturing industry.



Keio University
 Graduate School of Media and Governance
 Designing Low-Carbon Society Course
 Author: Yizheng Qiu (Master)
 Faculty Advisor: Wanglin Yan Hironori Hamanaka Makoto Kato
 Email: ironyjoe@sfc.keio.ac.jp Tel: +818050963183