

## 2-2-2 ネパールにおける農業生産

ネパールにおける主要農産物生産量を表 2-7 に示した。米は生産量において全穀類の 64 % を占め、Terai および Kathmandu Valley が主産地であるが、その他高度 1,500 m 以下の丘陵地帯およびその谷間に栽培される。水稻は低地における雨期作であり、これに対し台地（丘陵地）では雨期作として陸稲、とうもろこし、ひえが栽培されている。冬期作としては小麦、大麦、ソバ、豆類が栽培されている。（なお、作付パターンは図 2-2 の通りである。）水稻二期作は Terai 北部丘陵地帯から始まり拡大したものの、まだ、せいぜい水稻作の 10 % 前後にすぎないと推定される。

各作物の収量は表 2-8 に示したが、水稻に見られるように Kathmandu Valley 地域の収量は非常に高く、集約度においては世界的に最高レベルにある日本、韓国、台湾といったレベルに匹敵するほどである。これに対し他の地域の収量は低く、小麦および米の場合は他のアジア諸国の中でも低いレベルにある。

全国平均収量で見た収量レベルの変化は表 2-9 から明らかなように、ここ 10 年間小麦、馬鈴薯および砂糖きびを除きいずれの作物も収量レベルの目立った改善は見られない。むしろ、とうもろこしの収量は低下傾向を示している。

上記穀物の他に Eastern Terai 地区を中心にジュートが栽培され、米と並んで重要な輸出作物である。タバコは Central および Eastern Terai 地区で栽培され国内市場向であり、砂糖きびは Central Terai で栽培され国内向である。その他、馬鈴薯が全国的に栽培されているが、これは米、とうもろこしなどの不足分を充当する自家消費用である。

## 2-2-3 主要作物の栽培形態と施肥

水稻栽培の大部分は天水依存である。特に作付の 80 % を越える Terai 地域は、天水依存である。これに対し山間の盆地および低地部における稲作の場合は、河川を利用した小規模灌漑が行なわれ、また Terai の一部では地表水および地下水を利用した灌漑も見られるが、これらはまだ全稲作作付面積の 10 % 強にすぎない。これらの灌漑水稻栽培地域では収量は比較的安定し、肥料の施用が積極的に行なわれている。これに対し、天水依存稲作の場合はモンスーンの降雨如何に支配され、6 月下旬～8 月移植、10 月～12 月刈取りが一般的であるが収量は不安定、かつリスクであり、このため農家の肥料等増産に対する生産経費投入意欲は低い。

とうもろこしは米に次ぐ重要な作物であり、全国的に広く栽培されている。低地部では年間を通じて栽培可能なため冬期作として作付けられる（10—11月播）が、山間の傾斜地はモンスーンの降雨に依存する夏作（4—5月播）が主体である。天水条件下のとうもろこしは、発芽に足る土壤水分がモンスーンによってもたらされるのをまって播種されるが、その作柄はその後の降雨如何によって支配され不安定である。このように干ばつによるリスクがとうもろこしの最大の生産制限要因となっており、農家の肥料使用はまれである。小麦の播種適期は11月上旬～12月上旬で主として水稻の裏作として作付けられ、生育期間は乾期に当たる。作付けられている小麦の大部分は改良品種で、無肥料栽培では極端に収量が低く、水稻に比べても多量の施肥が行なわれている。ひえは、Hill 地域ではとうもろこしの後作、Terai では水稻の前作として栽培されるが、施肥も管理も行なわれない。

換金作物としての砂糖きび、タバコは比較的経営規模の大きい農家が栽培・施肥が一般に行なわれているが、比較的作付面積の多い油脂作物は Mustard が主体であり、水稻あるいは夏作とうもろこしの後作として作付けられ、その栽培は粗放的である。

#### 2-2-4 肥料消費動向

表 2-10 および図 2-3 は、ネパールが初めて肥料を導入した 1965 年以来今日までの肥料消費推移を示したものである。現在（1982/83 年度）の肥料消費量は、窒素 22,900 N トン、燐酸 7,200 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> トン、加里 900K<sub>2</sub>O トンであった。年次的に見れば、窒素肥料は比較的順調に増加してきたのに対し、燐酸肥料の増加テンポは遅く、加里肥料に至っては逆に減少をきたしている。

農地面積 1 ha 当り施肥量で見ると（表 2-11）、ネパールの窒素肥料施肥量は 7.4 kg/ha で世界的にも低いレベルにあり、他の南西アジア諸国と比較してもかなり低いと言える。（前掲 2-2 参照） 窒素、燐酸、加里の消費比率は 1 : 0.3 : 0.04 であり、他の諸国に比べても燐酸および加里の消費比率は低い。（世界平均では 1 : 0.52 : 0.40）

### 2-3 ネパールにおける肥料供給と流通

#### 2-3-1 供給ソース

ネパールにおける肥料供給は、全面的に輸入に依存している。その輸入の中でも援助ベースの輸入が重要な位置を占め、1982/83 年の輸入量を見てもその約 50 % は援助によるものであ

た。(表 2-12) その他の輸入は国際入札によって行なわれているが、国際入札による場合輸入までに時間がかかることもあり、また手続き上も複雑なため、現在バングラデッシュとの間で、尿素の長期輸入契約を結ぶことが検討されている。

### 2-3-2 肥料の流通に対する国の政策と流通組織

ネパールの農家の大部分は遠隔地にあり、かつ購買力も不足している。しかしながら、農業生産の現状から見て肥料施用の促進は重要な課題であった。この肥料流通を私企業に依存しておけば、輸送事情が悪くまた小規模である点から、目的とする各地域への流通も供給の確保も困難となる危険性があるため、ネパール政府は肥料の輸入・流通を政府の監督下におき AIC (Agricultural Inputs Corporation) に独占的に行なわせた。また、農家に購買力をつける目的で ADB (Agricultural Development Bank) に農業資材購入のクレジットを実施させた。また協同組合的活動を促進し、その取扱業務を確保するため肥料の末端流通を協同組合 (Sajha) に出来るだけ取り扱わせることとした。現在の肥料流通組織の概要は図 2-4 に示す通りである。

### 2-3-3 肥料の物流

輸入された肥料のほとんど大部分はインドの Calcutta で荷揚げされている。通関の終わった貨物は、鉄道あるいはトラックでネパール/インド国境まで運ばれる。鉄道輸送の場合レールゲージが異なるため、数度にわたる積み替えが必要となる。さらに鉄道輸送の輸送能力にも限界があり、Calcutta 港の混雑やストに加えてスムーズな輸送の障害となってきた。このため現在では、輸送コストは高くなるが大部分トラック輸送が行なわれている。

インドからネパールへの輸入ポイントはインド側によって規制されており、現在肥料で使用している輸入ポイントは図 2-5 の通りである。国境を通過した肥料は、国境近くにある AIC の倉庫に一端保管される。内陸部で消費される肥料は更に内陸部にある AIC の倉庫、あるいは貸倉庫へトラックで転送される。このトラック輸送は、主な幹線道路を除き雨期になると輸送が不可能となる。したがって雨期に必要な肥料は、雨期が始まる前に倉庫に配送されていなければならない。(図 2-5 前掲) これら地方倉庫では AIC からの販売が行なわれ、Sajha 事務所または小売店へ輸送され、さらに消費者(農家)へ小売りされるが、地方倉庫以降の輸送はロバあるいは人がかたいで運搬するのが一般的である。

すでに述べたように、ネパールでは作物の栽培期は夏のモンスーンのもたらす降雨を待って始まる雨期作と、その裏作にあたる乾期作とに分かれる。肥料出荷の季節変動も図 2-6 および

び表 2-13 に示すように、4—5月にピークをもつ雨期作用と9—10月にピークをもつ乾期作用とに分かれる。3—4月から7—8月に至る雨期作においては年間の約45%が、8—9月から2—3月に至る乾期作においては年間の約55%が出荷されている。なお、同じく図 2-6 および表 2-13 に月毎の在庫変動を示したが、援助による輸入に大きく依存せざるを得ないなど供給者(AIC)として十分にコントロールできない要素があり、適切な在庫レベルを示しているとは言えない。

#### 2-3-4 肥料価格の設定

1972年以前は肥料価格は、AICの購入・輸送コストをもとに地区毎に異った販売価格が設定されてきた。したがって例えば Hill 地域では、輸送コストが高くつくため肥料価格も高くなるという結果となった。このため、このような地域では多くの農家は肥料を買うことが出来なかった。他方、Terai 地域では輸送コストが比較的安いために肥料価格も安かったが、その結果、肥料がインド側へ流出することもしばしばであった。

このような事情から、政府は肥料価格を全国一率で設定することとした。この全国一率価格を実施するため、結果的に二つの形での補助金が包含されることとなった。一つは Hill, High Hill 地域に対する Transportation Subsidy である。すなわち、Terai に比べ高くなる輸送コスト分が Subsidy となっている。もう一つは実際のコスト(購入・流通コスト)と売り値との逆ザヤ相当分である。これは政府の設定価格が農家に対する施肥奨励の意味で実際のコストより低く設定されているためである。これら両補助金は政府から AIC に補填されることになっているが、実際には未決済のまま AIC 側の累積損失として計上されている。

#### 2-3-5 肥料普及

肥料普及業務は、基本的には Department of Agriculture の管轄下にある。地域毎の普及事業を総括する事務所として Regional Directorate Officer が Dhankuta (East), Kathmandu (Central), Pokhara (West), および Surkhet (Far West) にある。その下部機構として DADO (District Agricultural Development Office) があり、Agricultural Officer が駐在している。しかしながら問題は、実際にそのもとで農家と接触して働く JT (Junior Technician), および JTA (Assistant Junior Technician) の質がまだ低いことと、さらに交通事情の悪い点から彼等が接触できる農家層に限られていることである。このため Demonstration Field 等に Contact できている農家層も、交通事情が良好なごく一部の地区に限られているなど、折角の普及事業も十分な効果を上げるには至っていないようである。

## 第3章 ネパールにおける窒素肥料市場規模の現状と見通し

### 3-1 窒素肥料消費の現状

ネパールにおける窒素肥料消費量は、表 2-10（前掲）および図 2-3（前掲）に示す通りである。政府主導のもとに肥料の導入が開始されたのは 1965 年である。ある程度の消費が見られるようになった 1967 年から 1982 年に至る 15 年間に窒素肥料消費は、平均年率 17% で増加してきた。しかしこの窒素肥料増加の傾向は均一ではなく、3つの時期に分けて考えることができる。第1の時期は 1965 年から 1973 年に至る 8 年間で、この間消費は毎年平均約 1,000 トンずつ増加した。（平均年率にすると 51% であるが伸び率は年々同じではなかった。）しかし、第2の時期は 1973 年から 1975 年に至る 3 年間で、この期間消費は停滞を続けた。その理由として肥料価格の急騰をあげることができる。第1次石油危機の発生に伴い肥料の国際価格は急騰した。この結果、肥料供給を全面的な輸入に依存しているネパールの場合、この価格上昇を国内価格に転嫁せざるを得なかった。こうして表 2-14 および 2-15 に見られるように、1974 年の肥料価格は 1970 年時に比べて 200% を超えるに至った。1975 年には価格は更に上昇したが、政府は 1975 年 12 月約 16.5% の価格引き下げを行った。この結果、ようやく需要は回復し、再び増加を始めた。第3の時期は、その時以降現在に至るまでの期間であるが、この期間は毎年平均年率 13% で増加を続けている。

上記、窒素肥料消費量の推移を肥料種類別に示したのが表 2-16 である。肥料が使われ始めた 1960 年代後半においては硫安が窒素肥料の大部分（約 70% 弱）を占めていたが、次第に尿素の比率が高まり、1970 年代後半には尿素の比率は 60% を上回り、1980-82 年では 65% を越えるに至った。これに対し、1980-82 年では硫安は約 5% を占めるに過ぎず、複合肥料が残りの約 25% を占めている。しかしながら、このような肥料種類別消費量の推移は必ずしも消費者である農家の意向を反映した結果であるとは言い難く、農家の間では希望する肥料が手に入らず、やむを止ず他の肥料を使っている場合が多く見られる。極端な場合には追肥に複合肥料が使われている例も見られるほどであり、上述のような肥料種類別消費量の推移は、供給側すなわち肥料援助供与側の事情が影響している場合が多いものと見られる。

表 2-17 は、窒素肥料消費量を地域別に示したものである。ネパールの窒素肥料消費量の内約 80%（1982 年）は Kathmandu Valley および Terai 地区で消費されており、High Hill 地区および Hill 地区での消費量は約 20% に過ぎない。なかでも Central Terai および Kathmandu Valley 地区は、多消費地区でそれぞれネパール全消費量の 32% および 30% を占めている。

農業省の出している基準（勧告）施肥量を全作付面積に施肥したものと仮定したときの需要量を仮りに潜在需要量と定義する。実際の窒素肥料消費量をこの潜在需要量に対する割合で示したのが図2-7である。これによれば、潜在需要量に対し実際の消費比率の高いのは Central 地区であり、次いで Western 地区である。その他の地区はいずれも 5%未満でしかない。Central 地区の中では Kathmandu Valley 地区および High Hill 地区が際立って高くいずれも 50%を超えている。（但し、Central High Hill 地区の潜在需要量自体は少なく、1982 年で 1,100 N トンである。）その他の地区（Central Hill および Central Terai 地区）もネパール全体の中では比較的高く、いずれも潜在需要量の 10-20%が顕在化されている。Western 地区はいずれの地区も 5-10%である。

作物別の肥料消費に関する新しいデータはないが、1974/75-1976/77 についての AIC および AMSD による推定値を表 2-18 に示した。この推定値は季節別出荷量をもとに推定されたものであり、これによれば肥料総消費量の内約 50%は小麦向、約 35%が水稻向けと推定されている。

### 3-2 窒素肥料需要の見通し

#### 3-2-1 窒素肥料需要に影響を与える諸要因と見通し

##### (1) 窒素肥料需要に影響を与える諸要因

ネパールにおいて窒素肥料需要の動向に影響を与える各種要因のうち、影響度の大きいと考えられる主な要因は次の通りである。

- (イ) 肥料使用の経済性（肥料使用コストとその結果生ずる農産物収量増加量の関係）
- (ロ) 上記(イ)に影響を与える灌排水設備の整備状況
- (ハ) 同じく上記(イ)に影響を与える多肥多収性品種の開発と普及状況
- (ニ) 農家の肥料購買力、あるいは肥料購入のための金融制度の整備状況
- (ホ) 適期における肥料供給可能性
- (ヘ) 肥料効果に対する知識

それぞれの要因がネパールの場合どのような状況にあるか、また今後どのように変わって行く見通しであり、それが肥料需要にどのような影響を与えると考えられるかについて、以下において考察を加える。

## (2) 肥料使用の経済性

表 2-19 は、表 2-18 (作物別推定肥料消費量—前掲) をもとに作物別施肥面積率 (作付面積に対する施肥面積の割合) を推定したものである。この推定値は施肥基準どおり施肥しているものとの仮定のもとに推定したものであるので、実際の施肥面積率はこの推定値より全般に高いものと見られる。この推定値によれば、水稲の場合作付面積の 12 %、小麦は 59 %、とうもろこしは 3 % が施肥されている。また砂糖きび、タバコ、ジュートについては、全面積に施肥が行なわれている。この施肥面積を改良品種作付面積に対する割合で見ると、水稲の場合 70 %、小麦 83 %、とうもろこし 16 % である。即ち、水稲、小麦の場合は改良品種の約 70-85 % 前後に対して施肥が行なわれているのに対し、とうもろこしの場合 16 % にすぎない。とうもろこしの場合は天水に依存する冬作として作付けられるため、収量が低くかつ不安定であることに主な原因がある。これに対し水稲の場合、在来品種は食味が良い点から自家用として栽培され、改良品種は収量レベルが高いので販売用に栽培される。いいかえれば、改良品種水稲は換金作物であり、このことが施肥面積率の高い理由と言える。

附録 II-5 は、Soil Science Division, DOA によって集約された水稲、小麦およびトウモロコシに対する肥料レスポンスデータである。このデータをもとに各作物の施肥の経済性を比較したのが表 2-20 である。

改良品種水稲の場合の経済的最適施肥レベルは約 100 Nkg/ha 前後であり、施肥基準も 80~110 Nkg/ha となっている。これに対し、在来品種の場合の最適レベルは Inner Terai の場合 50 kg/ha 前後であるが、W. Terai は 15 Nkg/ha であり、E. Terai においては施肥によって効果を期待できない状況である。言いかえれば、水稲に対する施肥が行なわれるためには改良品種の普及が欠かせないことを示している。同表 (2-20) における小麦、とうもろこしのデータは全て改良品種についてのデータであるが、M. Hill 地帯のとうもろこしを除き経済的最適施肥レベルは現行の施肥基準より高いところにあり、農家は少なくとも現行の施肥基準レベルまでは施肥を行なう可能性をもっていることを示している。

## (3) 改良品種の普及

上述のように多肥多収性の改良品種の普及が肥料使用にとって重要な鍵となるが、過去における改良品種の普及率 (作物別全作付面積に対する改良品種作付面積の割合) は表 2-21 に示すように、水稲の場合 18 %、とうもろこしの場合 15 %、小麦の場合は 85 % であった。(1974/75 年度)

小麦の場合は、改良品種の方が食味をはじめ食習慣上の諸点で在来種に優り、また市場性も高く(粒が太く白色に近い)、更に栽培管理も在来種と変わらないことから、容易に普及し、1974/75年度においては Far Western 地域を除きほぼ全域で改良品種が栽培されている。

これに対し水稻の場合、改良品種は食味があわないことや粘りがあること等のため好まれない。しかし、収量の点では改良品種の方が優れており、このため徐々に改良品種が採用されてきた。1974/75年度では普及率は18%にすぎなかったが、今回農家面接調査から推定して水稻を販売のために栽培している農家層では、70%は超えているものと思われる。しかしながら、自家消費用となる在来品種が栽培される傾向があり、今後は改良品種普及の速度はにぶるものと推測される。

とうもろこしの場合在来品種は白粒種であるのに対し、改良品種は黄粒種である。黄粒種は食習慣上の好みにあわないだけでなく、汎用性がなく貯蔵性でも劣っている。また改良品種は多肥性品種であり、肥料をやらなければ逆に収量がおちる。このため普及の速度は遅く、1974/75年では約15%程度であった。今回の農家面接調査結果でも大部分の農家は在来品種を作付けており、一部改良品種を作付けている場合でもその農家の作付の50%以下であることが確認されている。この点から見ても改良品種の普及はその後あまり進んでいないものと推定される。

#### (4) 灌漑面積

ネパールにおける灌漑面積に関する統計は必ずしも実態を反映していないと見られる。その理由の一つは、統計上表示されているのは幹線水路であり、第2次、第3次水路が必ずしも整備されていないためである。また、他の理由として土砂くずれ等で水路のふさがれているものも含まれていることをあげることができる。このような意味で、灌漑設備面積は参考としてしか使えないが、第4次5ヶ年計画(1970/71~74/75)までに103,056 haの灌漑設備が完成した。また第5次5ヶ年計画期(1975/76~79/80)には146,000 haの目標に対し95,425 haが完成した。第6次計画期(1980/81~84/85)には233,482 haの目標が設定されている。ネパールの畑および水田の総面積は約2.3百万 haであるから、各5ヶ年計画期毎に100,000 haずつ灌漑設備が整備されて行くとすれば各4.3%ずつ拡大されて行くことになる。水資源に関する調査も進められており、政府も灌漑に力を入れているため、この程度の拡大は可能であろうと見込まれる。



(5) 農家の肥料購買力および肥料購入のための金融制度

農家の肥料購買力は肥料消費に大きな影響がある。もし或る年の作物の収量が低く、換金できる量が少なければ、農家は肥料購入を減らすか断念せざるを得ない。実際 ADB (Agricultural Department Bank) が農協 (Sajha) を通してクレジットを供与しているが、利用している農家は比較的少ない。その理由として次の諸点が挙げられる。

- (イ) 14%の金利負担が大きすぎる。(もし6ヶ月以内に返済できない時は、その後5ヶ月間に対しては20%、その後23%に引き上げられる。)
- (ロ) 手続きに時間がかかり購入が遅れる。
- (ハ) 収量が不安定なためクレジットの返済ができなくなり、その後クレジットの利用資格がなくなる。

安定した需要創出のためにはクレジット制度の改善が必要であるが現在のところ大幅に改訂する計画はないようである。

(6) 適期における肥料供給

限られた幹線道路によって連絡出来る地域を除きロバや人力によって遠距離輸送をする必要があり、これが辺地における肥料使用の大きな障害となってきた。今後共道路の建設、整備は続けられ、それによっても輸送可能な地域が徐々に拡大することは期待されるが、加えて肥料の国内生産が行なわれた場合、従来の輸入依存時に比べて計画配送が可能となり、雨期前に必要在庫を確保することも可能となる。この結果、従来のような在庫切れの問題は減少するものと期待される。

(7) 肥料知識の普及

肥料知識の普及にとってネックとなっているのは経験のある指導員の不足である。この点については急速な充実は不可能であり、徐々に改善が行なわれて行くことになる。

### 3-2-2 窒素肥料需要見通し

表 2-22 および図 2-8 は窒素肥料の需要見通しである。予測の方法とそのベースデータは附録 II-1 に詳述するが、概要と結果について以下に述べる。

既に 2-3-1 で分析した通り、肥料消費に影響を与える各ファクターの内改良品種の普及度を除いては今後とも過去と比べて大きな変化はないものと見込まれ、過去の傾向が将来においても適用可能であると考えられる。したがって、今回の予測においては基本的には過去の傾向値を使用して将来を予測した。予測の結果によれば、ネパール全体として窒素肥料需要は 1990 年に至る 7 年間に平均年率 3.9 %、1990 年から 95 年の 5 年間に平均年率 1.8 % で増加し、1990 年には 27,300 N トン、1995 年には 29,800 N トンとなる見通しである。1975 年から 1982 年の 7 年間は平均年率 13.9 % で増加 (1977-82 の 5 年間は 10.0 %) した点から比較すると、今後の消費増は頭打ちの方向にあると見込まれる。

以上の予測においては、過去における肥料消費がそれぞれの時点における需要を反映してきたものと前提してきた。しかし既に述べてきたように、ネパールの肥料供給は必ずしも適期適量に、かつ適切な肥料が供給されたわけではなく、このため肥料の供給不足が需要の充足をさまたげてきた一面があった。また他方、とりわけ Kathmandu Valley 地域においては有機物の投入が困難なために収量の維持を目的として多量の施肥が行なわれ、それがますます土を荒らし、その結果更に多肥を必要とするという悪循環となり、大幅な過剰施肥に結びついてきた。このことは将来 Kathmandu Valley 地域において有機物や石灰の投入が十分に行なわれた場合、施肥レベルが低下する可能性があることを示唆している。上記 2 つの要因によって引きおこされた過去における実消費量と需要量との差については量的に推定することは困難であるが、もし実消費量ではなく推定される (実現されなかった) 需要量をもとに予測を行なえばどうなるかについて試してみたのが、Case A, B そして C である。(前掲表 2-22 および図 2-8 参照) Case A および B においては Kathmandu Valley, Central Terai の過去の需要が実消費量に比べて各 10 および 20 % 高かったものと推定している。また Case C においては Kathmandu Valley の過去の需要は実消費量に比べて 10 % 低く、かつ Central Terai では 10 % 高かったものと想定している。

以上、各種検討結果から見て、将来のネパールにおける窒素肥料需要は当面は Base Case における予測値のように推移し、国内生産が始まり供給上の障害がなくなった時点で Case A または Case B における予測値にレベルアップするものと見込まれる。また有機物の投入促進が

成功すれば、Case A と Case C の差だけ需要は減少する可能性をもっているといえる。(1991年に尿素の国内生産が開始されるものと仮定し、その後も国内需要をまかなえるだけの十分な供給があるものとの前提のもとに、最終的に選択された需要見通しは表 2-23 の通りであり、以下においてはこの見通しにもとづき各種検討を行う。)

### 3-3 地域別窒素肥料消費と見通し

#### 3-3-1 地域別窒素肥料消費

表 2-23 (前掲) に見られるようにネパールの窒素肥料総消費量の内 30% は Kathmandu Valley で、50% は Terai 地区で消費されていることは既に述べた。今後これらの地域における需要は更に増加する可能性があるであろうか。Kathmandu Valley (Kavre を含む) の場合同地域における農業省の施肥基準をもとにして計算した潜在需要量に対する消費量は、すでに約 55% と高いレベルにあった。極めて限られた数ではあるが、今回実施した農家面接においても、水稻および小麦を中心にほとんどの農家が施肥を行っていることが確認され、その施肥レベルは 100~120 Nkg/ha と農業省の出している施肥基準 80~100 Nkg よりも約 20% 程高いレベルで施肥が行なわれていた。これら農家面接は車の到達しうる範囲内の農家だけであったので、Kathmandu Valley の平均農家に比べて消費レベルの高い農家に偏っていたと考えられる。とりわけ都市部から離れた農家および山頂に近い、水の便が悪かったり、肥料の輸送の困難な農地では施肥は行なわれていないものと思われる。また水稻でも自家消費用には在来品種が栽培され、これらには一般に肥料は使われていない。また他方、どうもろこしに対する施肥については、どうもろこしが乾期作であり適切な水を得られないこと、および在来品種であることから施肥が行なわれているのはまれなようである。この地区では有機物の投入がほとんど行なわれておらず、このため年々肥料を増施しなければますます収量が低下して行き、農家は化学肥料投入量を増加せざるを得ない状況におかれている。しかし、その結果は更に土を荒らすことになり、肥料投入を一層必要なものとしている。したがって、Kathmandu Valley の今後の肥料消費見通しについては次のように言えよう。すなわち、肥料が使用されうる農地(言い換えれば肥料輸送が困難な地区、水稻の在来品種、どうもろこし等の肥料施用に不適な農地以外の全て)については既に施肥が行なわれており、しかも施肥レベルは農業省の指導している適切なレベルよりも高いレベルで施肥が行なわれている。しかしながら、今後も当分の間肥料消費はまだ増加を続けるものと見込まれる。すなわち、それらは現在施肥が行なわれている農地において更に多量に施肥が行なわれる結果と、また現在施肥の行なわれていない遠隔地への一部普及の結果である。しかし、さらに長期的に見れば一つには施肥レベルが頭打ちになること、もう一つにはやがて有機物および石灰の投入が不可欠となり、化学肥料施用量も減少するもの

と考えられることなどの結果、消費量の伸びも頭打ちになるものと見込まれる。

Terai 地区の中では Central Terai 地区の消費が 32 % (Nepal の総消費量に対し) で大部分であり、次いで Western Terai 地区 9 %が多い。Eastern Terai 地区、Mid Western 地区および Far Western 地区はそれぞれ 5 %、3 %および 1 %にすぎない。Central Terai 地区では水稻および小麦に対し施肥が行なわれており、施肥レベルは一般に施肥基準に近いものであった(一部地区、例えば Bara 地区では施用基準を上回る施肥が行なわれているところも見られたが)。他の作物(砂糖きび、野菜等)にも施肥が行なわれている。しかしこのような高い施肥レベルは交通の便のあるところに限られているようであり、図 2-7(前掲)に見られるように Central Terai 地域全域平均では、潜在需要レベルに対する実施肥レベルは 10-20 %にすぎず、交通の便の悪いところでは施肥レベルが非常に低いか、もしくは施肥が行なわれていないものと推定される。この状況は他の Terai 地域でも同様であり、Mid-Western および Far-Western 地域においてはとりわけ交通の便の悪い地区が多く、このため全地域平均としてはまだ施肥レベルは低いといえる。

Hill 地域では Central Hill 地域および Western Terai 地域を除き施肥は限られている。Central Hill 地域はネパール全消費量の 9 %、Western Hill 地域は 4 %である。いずれも輸送事情が大きな要因と考えられる。

High Hill 地域に至っては作付面積自体も少なく、その上輸送事情もネックとなって High Hill 地域全体でもネパール全消費量の 5 %にすぎない。

### 3-3-2 地域別窒素肥料消費見通し

過去の地域別窒素肥料消費の推移を見ると、もちろん各地域共に増加はしているが、Kathmandu Valley および Central Terai 地域における消費量の増加が特に著しく、全ネパールの消費量の中でこれらの地域の割合は増加を続けてきた。これは先述のとおり、輸送上の障害が肥料消費の増加にとって大きな阻害要因であるためである。すなわち輸送事情が悪いということは、

- (1) 肥料の輸送が困難であり、とりわけ AIC 倉庫以降の輸送コストが高くなることは問題である。(全国统一価格制は AIC 倉庫渡し基準であり、それ以降の輸送費は農家負担となり、このため遠隔地の農家にとって肥料価格は高くなっている。)
- (2) 農業自体が自給農業であり、農業で全生活をまかなえない場合はしばしば出稼ぎが行なわ

- れ、農業自体には収入源という観点では大きな比重がおかれていない。
- (3) 普及員との接触もなく肥料の効果・使用法についての知識にとぼしい。
  - (4) 肥料購買力に欠ける。

という関連する要因を生み出し、結局肥料使用の障害となっている。したがってネパールにおける肥料消費の増加は、当面 Kathmandu Valley および Terai とその他 Hill 地域の中で交通事情が比較的良いところを中心に進むものと考えられる。その後、輸送事情が改善されるにつれて全国的（但し作付面積の少ない High Hill 地域を除く）に拡大してゆくものと考えられる。地域別の肥料消費見通しは表 2-23（前掲）に示した。

### 3-4 肥料タイプ別窒素肥料消費と農業技術的観点から見た最適肥料の検討

#### 3-4-1 肥料タイプ別窒素肥料消費

肥料タイプ別窒素肥料消費量の推移は、表 2-16（前掲）に示した。1970 年代の前半までは硫酸が主たる窒素肥料であったが、その後尿素が主流を占めるに至っている。しかし一方、近年複合肥料の占める割合が急速に増加しているのが目立つ。

しかしながら、このような肥料タイプ別の消費傾向は必ずしも需要者の消費傾向を反映しているとは言い難く、むしろ供給者（援助寄贈者）側の意向が強く反映されていることは既に述べた通りである。実際の施肥場面においては、しばしば各農家から希望の肥料が入手できなかったとの不満が出されている。このような場合でも一般に農家は入手可能な肥料を代替施用しているようであり、この結果肥料タイプの転換が比較的スムーズに行なわれていると見ることができる。

農家のこのような不満のもとになっている中には供給側の制約によって不適切な肥料が供給されている例もあるが（例えば追肥に複合肥料が使われている等）、他方、農家側の保守性による面、あるいは見かけ土の効果にまどわされている面もあり、デモファームの展開によってこれらの考え方を変えていくことが必要であると見られる。

#### 3-4-2 農業技術面からの最適肥料タイプ

仮りに上述のような供給面からの制約がないものと想定した場合、農業技術面から見てネパールに最適な肥料タイプはどれであろうか。ネパール国内における各種作物および土壌条件下

での異った肥料タイプ間の肥効の差異に関する比較試験については、農業省の Soil Science Division で一部行なわれた模様であるが、詳細なデータは入手することが出来なかった。Soil Science Division からの情報では硫酸と尿素間の肥効比較試験が行なわれ、その結果両者の間に顕著な肥効の差は見られなかったと言われている。しかし、硝酸についてはこのような比較試験は行なわれていない。

肥効は土壌条件、気象条件、灌漑水の水質、栽培管理のパターン等々の差異によって異なる上に、前作の作物によっても異なるなどのため、農業技術面から最適な肥料タイプを選択するためには、上述のような現地における肥効比較試験を行って決定するのが最も望ましい。しかし、これら十分なデータが得られないため、以下においては最適肥料タイプに対する一般的な論議を行うが、この場合ネパールにおける次の諸点が留意される必要がある。

- (1) ネパールの土壌 PH は図 2-9 に示すように酸性に傾いている。とりわけ主要な農業地域である Kathmandu Valley や Pokahra 周辺は湖沼水積土であり酸土が強い。
- (2) 全作付面積の約 50 % は水稲であり、窒素肥料の約 35-40 % は水稲向に施用されている。
- (3) 小麦、とうもろこし向けには全量基肥として施用され水稲の場合には全施用窒素量の 1/2 が基肥として、1/2 が田植え後約 25 日目頃に追肥として施用される。基肥の場合はいずれも施用後ただちに土と混合される。
- (4) 灌漑地帯では施肥後灌漑が行なわれるが、その他の地域では天水による。特に乾期の場合の天水による水の供給は不安定である。
- (5) 栽培方法は労働集約的であり、作物の葉色を見ながら少量ずつ施肥を行う農家も多いようである。

Soil Science Division の肥効比較試験でも見られたが、既に第 2 章 (2-1-1) で述べたようにネパールに限らず一般的に硫酸、尿素間には大きな肥効の差はない。尿素の場合、

- (1) アンモニア態に変化するまでの間は土壌に吸収されず、多量の水によって流亡の危険性が高いが、ネパールの場合温度も高く、アンモニアへの分解は速いものと見込まれ問題は無い。
- (2) 熱帯地方の畑地においてアルカリ土壌の増大、アンモニア態窒素の揮散が観察される場合があるが、ネパールでは酸性土壌が多くその危険性は少ない。さらに、施肥後土壌との混合が一般的のため、このような問題はほとんど発生しないと考えられる。

逆に硫安の場合は、現在の酸性土壌をますます酸性化する危険性がありすすめられない。硫安には施肥後直ちに葉色を濃くする傾向があり、農家にとっては評判が良いが、むしろ硫安施用を避けるべきである。

硝安の場合は含有する窒素の一部がアンモニア態、一部が硝酸態である。硝酸態窒素は土壌の還元層内では還元されて窒素となり揮散するため、水田において土壌と混合することは避ける必要がある。しかし、土と混合することなく灌漑水を導入すると硝酸態窒素は土壌に吸着することなく灌漑水に溶け流亡する。したがって水稲の基肥としては硝安は不適切である。水稲の追肥の場合は落水下で行なえば硝安の場合肥効が速く有効であると考えられる。畑作の場合は一般に問題はないと考えられるが、施肥後直ちにモンスーンの大量の降雨にさらされる場合流亡の危険性がある。

複合肥料は他の二成分（あるいは一成分）を同時施肥できるという合理性の点からすすめられるが、現在ネパールで使われている複合肥料の窒素は硝安に由来するものであり、この場合には上述の水稲に対する硝安の施肥の場合と同様の問題がある。

以上の点と、ネパールでは水稲に使用する肥料が全消費量の約 35—40 % を占めることを考慮すると、農業技術的には尿素が最も適した肥料であると言える。

## 第4章 当プロジェクトにより生産される製品の販売

### 4-1 市場性より見た製品の選択

すでに述べたように、農業技術面からは単肥としては尿素がネパールにとって最適の肥料とすることができる。このような肥効の面からと同時に輸送の面からも最適な肥料の選択が行なわれる必要がある。ネパールにおける肥料輸送・保管コスト（国内分のみ）はAICとの総コストの約6—11%（購入価格を除いた総コストの約15~27%）を占めている。さらにAICの倉庫以降農家が一袋ずつ背にかついで運ぶことを考えると、高成分肥料の方が適しており、この点からも尿素が適していると言える。

次に、単肥か複合肥料かの選択であるが、もし複合肥料を生産するとすれば、原料は窒素源を除き輸入となる。ネパールにおける主たる消費地はTeraiおよびKathmandu Valley地帯であるので、もし工場がTerai地区（それも国境地区）に建設されるのであれば、一端輸入されて工場サイトまで運ばれた燐酸および加里原料を製品として再びTerai向けに逆送が必要となる。したがって、このような無駄を避けるためには、むしろ複合肥料を生産するよりも庭先配合、あるいはAIC倉庫での配合を行う方が合理的と考えられる。

以上の諸点より、当プロジェクトにおいて一製品だけの生産が行なわれるものの前提に立てば尿素が最適であると言える。

### 4-2 市場規模見通し

1991年に窒素肥料の国内生産が開始され、その後需要に見合う適切な供給が可能になるとの前提のもとに予測される窒素肥料需要見通しは表2-23（前掲）の通りである。これにもとづき尿素の販売可能見込み量を算出する。この場合次の諸点を考慮した。

- (1) 基本的には、窒素肥料の需要全量が尿素需要になりうる。
- (2) 水稲向の場合は窒素肥料全施肥量の1/2、小麦およびとうもろこし向けの場合は全量が基肥である。この点からは単肥よりNPあるいはNPK複合肥料の方が適していると考えられるが、先述の通り原料輸料の不合理性から見て尿素の使用（あるいは尿素への転換）が指向されるものと前提する。



- (3) 現在 NP/NPK 複合肥料の需要は 27.5% であるが、これは必ずしも農家の希望によるものではなく、将来は尿素へ転換可能であると考えられる。(但し、最終的に全窒素肥料の 5%—これは工芸作物および野菜向需要の 50% に相当する—が NP/NPK 肥料需要として残るものと想定する。)
- (4) NP/NPK 複合肥料の尿素への転換速度は今後どれだけ供給を輸入に依存するかによって異なるが、硫安が尿素に転換されていった速度を参考とし、5 年後には現在の 40%、10 年後には 15% になるものと想定した。(すなわち、1990 年は 25% とし、1995 年にはその 40% である 10% となり、さらに 2000 年には最低レベルの 5% にまで減少するものと想定した。)

この結果、尿素の最大販売可能量は、1990 年 44,500 トン、1995 年 63,200 トン、2000 年には 69,000 トンとなる見込である。(表 2-24)

### 4-3 製品倉庫および出荷設備

#### 4-3-1 出荷の季節変動

ネパールにおける肥料の施用はほとんど基肥のみである。作物の栽培は年 1～3 回行なわれ、このため肥料使用時期はかなり集中している。月別の肥料出荷パターンは表 2-13 (前掲) および図 2-6 (前掲) に示した。このような出荷の季節変動の他に、雨期における輸送の不可能な地域があり、図 2-5 に示す地域に対しては雨期前に配送を完了しておく必要がある。これらの点を考慮して設定した月別在庫計画 (含・ストックポイントにおける在庫) は、表 2-25 の通りである。全ストックポイントの在庫能力は建設中のものを含めて約 57,000 トン (1979/80 現在) である。

当プロジェクトから生産される尿素の最大在庫必要量は、例えば 1995 年の場合、4/5 月における 20,540 トン (1995 年販売見込み量 63,200 トン  $\times$  4/5 月の在庫レベル 32.5% = 20,540 トン) である。更に、国内生産によって充足されない需要分を輸入するものとし、その最大在庫必要量を年間総出荷量の 80% とすると輸入肥料の最大在庫必要量は 17,200 トン (1995 年の輸入必要量 21,500 トン  $\times$  80% = 17,200 トン) となる。したがって、肥料の全在庫必要量の最大レベルは両者の合計約 38,000 トンとなる。他方、前述の通り現有ならびに建設中の在庫能力は全国で約 57,000 トンであり、したがって当プロジェクトの稼働開始によって、特に、倉庫を急激に増加させなければならないということはない。これは国内生産の結果、在庫のコントロールが可能となり、在庫のレベルの適正化を計ることが出来る様になるためである。

しかしながら以上の様な議論は、全国の総在庫能力を基にした議論であり、実際に国内で生産される尿素と輸入肥料の流通を適切に行うためには、各地域レベル毎の在庫能力を各地域レベル毎の出荷見込み量との関連でチェックし、必要な倉庫設備の充実をあらかじめ計っておくことが必要である。

#### 4-3-2 荷姿

現在の輸入肥料の荷姿は、50 kg 入袋詰めである。他の国の場合は 50 kg 品の取扱いが困難なため 30 kg 袋または 20 kg 袋に移行する例も見られるが、ネパールの場合はむしろロバ、人力による輸送を考えると 50 kg 袋が適しているようである。なお、小口買いの必要な場合は農協で計り売りを行なうようになっている。AIC の包装紙の現行規格は次の通りとなっているが、国内ジュート袋の使用が経済的であると判断される。

- (1) 50 kg (ネット) 入り包装
- (2) ポリプロピレン織布袋 (ポリエチレン内袋付)
- (3) 外袋の重量 : 200 g 以上
- (4) 内袋のゲージ : 200 ゲージ以上
- (5) サイズ : 40"×22"
- (6) 繊維構造 : 14×14/平方インチ以上
- (7) その他 : 強い合繊維糸によつてかがつてあること
- (8) 上記と異なる場合、品質的に同等または秀れたものは受入れられる場合もある。

なお、輸入に際しては、5% のスベア袋が要求されている。国内生産の開始当っても 1.5% 程度のスベア袋を見込む必要があるものと考えられる。

#### 4-3-3 製品の輸送

本計画の前提となっているネパールにおける肥料の総需要量は、1990 年から 2000 年に至る 10 年間に年率 2.0% で伸びることが見込まれている。その中でも Hill および High Hill 地域の需要量の伸びは更に低くそれぞれ 1.6% および 0.4% である。過去の 7 年間 (1975 年から 1982 年) の消費の成長年率は全国で 13.9%、Hill 22.6%、High Hill 41.5% であった点から考えると今後の需要の伸びに応じて増強されるべき輸送手段の必要量は決して大きくはないと考えられる。また国内生産の開始により輸送の季節変動を平均化することが可能となり、この点からも輸送手段増強の負担は軽減される可能性がある。

しかしながら、従来は倉庫がインドとの国境附近に点在したため輸送手段も各地の輸送手段を利用できたが、国内生産が開始されると供給ポイントが一ヶ所に集中するため、輸送手段体制の再整備が必要となる。この点についても前述の在庫能力の整備と同様各地域レベルで検討する必要がある。

#### 4-4 製品の品質・規格

現在、輸入に際しAICが要求している尿素の品質規格は下記の通りである。

|                        |                             |             |
|------------------------|-----------------------------|-------------|
| (1) Physical Condition | : White Prilled or Granular |             |
| (2) Nitrogen           | : 46 %以上                    |             |
| (3) Moisture           | : 0.6 %以下                   |             |
| (4) Biuret             | : 1.5 %以下                   |             |
| (5) Chemical Condition | : ホルマリン                     | 0.3 %       |
|                        | パラホルマリン                     | 0.08~0.20 % |
| (6) 粒度                 | : (-) 6 (+) 16 メッシュ         | 90 %        |
|                        | (-) 4 メッシュ                  | 100 %       |
|                        | (+) 28 メッシュ                 | 98 %        |

#### 4-5 販売価格

##### 4-5-1 ネパールにおける肥料価格の設定

ネパールにおける肥料価格はすでに述べたように、1972/73年度以降、政府 (Ministry of Agriculture) によって設定されている。価格設定に大きな影響を与えているのは、国境近辺のインドにおける肥料価格である。ネパール側の肥料価格がインドに比べて低ければ、肥料はインドへ密輸出される。高くなれば逆に密輸入が行なわれる。表 2-26 は、ネパールの肥料価格とインドの肥料価格ならびに国際価格を比較したものである。この表で見ると公式販売価格は、インドにおける価格よりも若干安い。なお、ネパールの輸入価格は援助によるものが多く、一般に言われる国際価格とは若干異なる。

#### 4-5-2 当プロジェクト評価のための販売価格

当プロジェクトの評価のための販売価格として、従来どおり輸入していた場合と同じコストで各消費ポイントに供給できる価格を設定した。この価格は、第2章で述べた尿素国際価格の見通しに基づき、各消費ポイントまでの輸送コストを勘案して算出し、表 2-27 に示した。







Table 2-1 CONSUMPTION OF NITROGEN FERTILIZER IN THE WORLD BY REGION

(UNIT: 1,000 TONS)

|                             | 1965/66       | 1970/71       | 1975/76       | 1980/81       | 1981/82       |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| DEVELOPED MARKET ECONOMIES  | 10850 ( 57.6) | 15645 ( 49.2) | 19221 ( 44.6) | 22843 ( 37.9) | 22032 ( 36.6) |
| NORTH AMERICA               | 5050 ( 26.8)  | 7670 ( 24.1)  | 10002 ( 23.2) | 11604 ( 19.2) | 11016 ( 18.3) |
| WESTERN EUROPE              | 4814 ( 25.6)  | 6738 ( 21.2)  | 8066 ( 18.7)  | 9848 ( 16.3)  | 9760 ( 16.2)  |
| OCEANIA                     | 77 ( 0.4)     | 152 ( 0.5)    | 177 ( 0.4)    | 269 ( 0.5)    | 47 ( 0.1)     |
| OTHER DEV'D MARKET ECON.    | 909 ( 4.8)    | 1085 ( 3.4)   | 976 ( 2.3)    | 1121 ( 1.9)   | 1210 ( 2.0)   |
| DEVELOPING MARKET ECONOMIES | 2454 ( 13.0)  | 5242 ( 16.5)  | 7582 ( 17.6)  | 11978 ( 19.9) | 12772 ( 21.2) |
| AFRICA                      | 151 ( 0.8)    | 274 ( 0.9)    | 442 ( 1.0)    | 693 ( 1.2)    | 658 ( 1.1)    |
| LATIN AMERICA               | 728 ( 3.9)    | 1358 ( 4.3)   | 1867 ( 4.3)   | 2835 ( 4.7)   | 2864 ( 4.8)   |
| NEAR EAST                   | 440 ( 2.3)    | 767 ( 2.4)    | 1324 ( 3.1)   | 1822 ( 3.0)   | 2112 ( 3.5)   |
| FAR EAST                    | 1130 ( 6.0)   | 2837 ( 8.9)   | 3939 ( 9.1)   | 6614 ( 11.0)  | 7116 ( 11.8)  |
| OTHER DEV'G MARKET ECON.    | 5 ( 0.0)      | 6 ( 0.0)      | 11 ( 0.0)     | 12 ( 0.0)     | 21 ( 0.0)     |
| CENTRALLY PLANNED ECONOMIES | 5524 ( 29.3)  | 10879 ( 34.2) | 16337 ( 37.9) | 25515 ( 42.3) | 25414 ( 42.2) |
| ASIA                        | 1603 ( 8.5)   | 3358 ( 10.6)  | 4820 ( 11.2)  | 12828 ( 21.3) | 12310 ( 20.4) |
| EUROPE AND USSR             | 3921 ( 20.8)  | 7521 ( 23.7)  | 11517 ( 26.7) | 12687 ( 21.0) | 13103 ( 21.8) |
| WORLD TOTAL                 | 18828 (100.0) | 31767 (100.0) | 43140 (100.0) | 60336 (100.0) | 60218 (100.0) |

Note: Figures in the parentheses mean the percentage of world total.

Source: FAO



Table 2-2 PER HECTARE OF ARABLE LAND CONSUMPTION  
OF NITROGEN FERTILIZER BY REGION

(UNIT: Nkg/ha)

|                             | 1970 | 1976 | 1981 |
|-----------------------------|------|------|------|
| DEVELOPED MARKET ECONOMIES  | 39   | 51   | 56   |
| -----                       |      |      |      |
| NORTH AMERICA               | 33   | 44   | 47   |
| WESTERN EUROPE              | 67   | 89   | 103  |
| OCEANIA                     | 3    | 5    | 6    |
| OTHER DEV'D MARKET ECON.    | 53   | 53   | 64   |
| DEVELOPING MARKET ECONOMIES | 8    | 13   | 19   |
| -----                       |      |      |      |
| AFRICA                      | 2    | 3    | 4    |
| LATIN AMERICA               | 10   | 14   | 17   |
| NEAR EAST                   | 10   | 17   | 24   |
| FAR EAST                    | 11   | 16   | 27   |
| OTHER DEV'G MARKET ECON.    | 5    | 12   | 18   |
| CENTRALLY PLANNED ECONOMIES | 27   | 46   | 65   |
| -----                       |      |      |      |
| ASIA                        | 26   | 59   | 108  |
| EUROPE AND USSR             | 27   | 41   | 47   |
| -----                       |      |      |      |
| WORLD TOTAL                 | 22   | 32   | 41   |

Source: FAO

Table 2-3 OUTLOOK OF SUPPLY AND DEMAND OF NITROGEN FERTILIZER IN THE WORLD

|                                    |         | (Unit: Million N ton) |         |         |         |         |         |         |
|------------------------------------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                                    |         | 1982/83               | 1983/84 | 1984/85 | 1985/86 | 1986/87 | 1987/88 | 1992/93 |
| <u>Developed Market Economies</u>  |         |                       |         |         |         |         |         |         |
| N. America                         | Supply  | 10.07                 | 12.29   | 12.47   | 12.63   | 12.61   | 12.57   | -       |
|                                    | Demand  | 9.58                  | 10.24   | 11.29   | 11.65   | 11.88   | 12.10   | 14.50   |
|                                    | Balance | 0.49                  | 2.05    | 1.18    | 0.98    | 0.73    | 0.47    | -       |
| W. Europe                          | Supply  | 9.76                  | 9.93    | 10.42   | 10.54   | 10.59   | 10.55   | -       |
|                                    | Demand  | 9.80                  | 9.80    | 9.90    | 10.20   | 10.50   | 10.80   | 13.30   |
|                                    | Balance | -0.04                 | 0.13    | 0.52    | 0.34    | 0.09    | -0.25   | -       |
| Oceania                            | Supply  | 0.21                  | 0.21    | 0.25    | 0.27    | 0.28    | 0.27    | -       |
|                                    | Demand  | 0.30                  | 0.30    | 0.30    | 0.30    | 0.30    | 0.30    | 0.40    |
|                                    | Balance | -0.09                 | -0.09   | -0.05   | -0.03   | -0.02   | -0.03   | -       |
| Other DME <sup>1/</sup>            | Supply  | 1.17                  | 1.10    | 1.07    | 1.09    | 1.07    | 1.04    | -       |
|                                    | Demand  | 1.20                  | 1.20    | 1.30    | 1.30    | 1.30    | 1.30    | 1.45    |
|                                    | Balance | -0.03                 | -0.10   | 0.23    | -0.21   | -0.23   | -0.26   | -       |
| <u>Developing Market Economies</u> |         |                       |         |         |         |         |         |         |
| Africa                             | Supply  | 0.15                  | 0.20    | 0.30    | 0.38    | 0.42    | 0.44    | -       |
|                                    | Demand  | 0.70                  | 0.80    | 0.90    | 0.90    | 1.00    | 1.00    | 1.40    |
|                                    | Balance | -0.55                 | -0.60   | -0.60   | -0.52   | -0.58   | -0.56   | -       |
| L. America                         | Supply  | 3.00                  | 3.28    | 3.73    | 3.98    | 4.15    | 4.21    | -       |
|                                    | Demand  | 3.10                  | 3.20    | 3.40    | 3.60    | 3.80    | 4.00    | 5.00    |
|                                    | Balance | -0.10                 | 0.08    | 0.33    | 0.38    | 0.35    | 0.21    | -       |
| Near East                          | Supply  | 2.09                  | 2.39    | 2.65    | 2.75    | 2.97    | 3.12    | -       |
|                                    | Demand  | 2.30                  | 2.50    | 2.70    | 2.80    | 3.00    | 3.10    | 3.80    |
|                                    | Balance | -0.21                 | -0.11   | -0.05   | -0.05   | -0.03   | 0.02    | -       |
| Far East                           | Supply  | 5.77                  | 6.10    | 6.61    | 7.60    | 8.26    | 8.81    | -       |
|                                    | Demand  | 7.50                  | 8.00    | 8.50    | 9.10    | 9.60    | 10.30   | 13.25   |
|                                    | Balance | -1.73                 | -1.90   | -1.89   | -1.50   | -1.34   | -1.49   | -       |
| <u>Centrally Planned Economies</u> |         |                       |         |         |         |         |         |         |
| Asia                               | Supply  | 11.31                 | 11.53   | 11.65   | 11.81   | 12.09   | 12.37   | -       |
|                                    | Demand  | 13.00                 | 13.20   | 13.50   | 13.70   | 14.10   | 14.50   | 16.50   |
|                                    | Balance | -1.69                 | -1.67   | -1.85   | -1.89   | -2.01   | -2.13   | -       |
| Europe & USSR                      | Supply  | 18.84                 | 20.49   | 22.59   | 22.12   | 22.33   | 22.31   | -       |
|                                    | Demand  | 13.90                 | 14.50   | 15.20   | 15.80   | 16.30   | 16.86   | 19.50   |
|                                    | Balance | 4.94                  | 5.99    | 6.39    | 6.32    | 6.03    | 5.51    | -       |
| World Total                        | Supply  | 62.37                 | 67.52   | 70.74   | 73.17   | 74.77   | 75.69   | -       |
|                                    | Demand  | 61.38                 | 63.74   | 66.99   | 69.35   | 71.78   | 74.20   | 89.10   |
|                                    | Balance | 0.99                  | 3.78    | 3.75    | 3.82    | 2.99    | 1.49    | -       |

Note: 1/ Other Developed Market Economies.

Source: FAO/UNIDO World Bank Working Group on Fertilizer.

Table 2-4 WORLD SUPPLY/DEMAND OF NITROGEN FERTILIZER

|               |          | ( N 000 TON ) |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------|----------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|               |          | 1982          | 1983   | 1984   | 1985   | 1986   | 1987   | 1990   | 1995   | 2000   |
| ASIA          |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 36618         | 38149  | 41775  | 44805  | 46645  | 48259  | 50439  | 50619  | 50542  |
|               | SUPPLY   | 23945         | 25092  | 27351  | 29367  | 30762  | 31937  | 33553  | 33803  | 33794  |
|               | DEMAND   | 28172         | 30097  | 31670  | 33253  | 34776  | 36130  | 39247  | 42355  | 44047  |
|               | BALANCE  | -4227         | -5005  | -4319  | -3886  | -4014  | -4193  | -5694  | -8552  | -10253 |
| OCEANIA       |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 462           | 532    | 532    | 532    | 532    | 532    | 532    | 532    | 532    |
|               | SUPPLY   | 346           | 395    | 403    | 403    | 403    | 403    | 403    | 403    | 403    |
|               | DEMAND   | 386           | 392    | 423    | 427    | 430    | 462    | 472    | 521    | 535    |
|               | BALANCE  | -40           | 3      | -20    | -24    | -27    | -59    | -69    | -118   | -132   |
| WEST EUROPE   |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 15997         | 16292  | 16868  | 17681  | 17959  | 18343  | 18543  | 18543  | 18104  |
|               | SUPPLY   | 13257         | 13475  | 13982  | 14780  | 15084  | 15398  | 15620  | 15620  | 15379  |
|               | DEMAND   | 13209         | 13396  | 13603  | 13811  | 13971  | 14128  | 14494  | 14798  | 14972  |
|               | BALANCE  | 48            | 79     | 379    | 969    | 1113   | 1270   | 1126   | 822    | 407    |
| EAST EUROPE   |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 30952         | 33765  | 35577  | 36129  | 36516  | 37087  | 37088  | 37036  | 36604  |
|               | SUPPLY   | 25092         | 27182  | 28762  | 29442  | 29685  | 29971  | 30377  | 30335  | 29988  |
|               | DEMAND   | 18589         | 19241  | 19842  | 20419  | 20969  | 21518  | 22894  | 24961  | 26976  |
|               | BALANCE  | 6503          | 7941   | 8920   | 9023   | 8716   | 8453   | 7483   | 5374   | 3012   |
| N. AMERICA    |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 16301         | 16004  | 16410  | 16816  | 16816  | 16816  | 16816  | 16737  | 16701  |
|               | SUPPLY   | 14906         | 14639  | 14990  | 15379  | 15420  | 15420  | 15420  | 15345  | 15312  |
|               | DEMAND   | 16515         | 16356  | 17233  | 17601  | 18042  | 18371  | 19461  | 21136  | 22558  |
|               | BALANCE  | -1609         | -2217  | -2243  | -2222  | -2622  | -2951  | -4041  | -5791  | -7246  |
| C. AMERICA    |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 3433          | 3771   | 4128   | 4492   | 4492   | 4492   | 4492   | 4492   | 4492   |
|               | SUPPLY   | 2599          | 2921   | 3222   | 3513   | 3564   | 3564   | 3564   | 3564   | 3564   |
|               | DEMAND   | 1923          | 2021   | 2124   | 2216   | 2286   | 2368   | 2549   | 2819   | 3054   |
|               | BALANCE  | 676           | 900    | 1098   | 1297   | 1278   | 1196   | 1015   | 745    | 510    |
| SOUTH AMERICA |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 1686          | 1999   | 2006   | 2176   | 2571   | 2706   | 3113   | 3113   | 3113   |
|               | SUPPLY   | 1167          | 1426   | 1489   | 1584   | 1851   | 2001   | 2296   | 2309   | 2309   |
|               | DEMAND   | 1819          | 1924   | 2009   | 2104   | 2190   | 2273   | 2478   | 2707   | 2843   |
|               | BALANCE  | -652          | -498   | -520   | -520   | -339   | -272   | -182   | -398   | -534   |
| AFRICA        |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 2727          | 3058   | 3283   | 3736   | 4459   | 4730   | 4670   | 4730   | 4730   |
|               | SUPPLY   | 1834          | 2028   | 2212   | 2468   | 2863   | 3101   | 3120   | 3159   | 3159   |
|               | DEMAND   | 2209          | 2321   | 2420   | 2523   | 2646   | 2738   | 2973   | 3346   | 3643   |
|               | BALANCE  | -375          | -293   | -208   | -55    | 217    | 363    | 147    | -187   | -484   |
| WORLD         |          |               |        |        |        |        |        |        |        |        |
|               | CAPACITY | 108176        | 113570 | 120579 | 126367 | 129990 | 132965 | 135693 | 135802 | 134818 |
|               | SUPPLY   | 83146         | 87158  | 92411  | 96936  | 99632  | 101795 | 104353 | 104538 | 103908 |
|               | DEMAND   | 82822         | 86248  | 89324  | 92354  | 95310  | 97988  | 104568 | 112643 | 118628 |
|               | BALANCE  | 324           | 910    | 3087   | 4582   | 4322   | 3807   | -215   | -8105  | -14720 |

Note: Both supply and demand include industrially used nitrogen fertilizer materials and distribution loss.

Source: Study team estimate

Table 2-5 WORLD NITROGEN FERTILIZER AND AMMONIA TRADE IN 1981

(Unit: N'000 ton)

|                    | Ammonia <sup>4/</sup>                      | Urea <sup>4/</sup> | NP/NPK <sup>4/</sup>                    | DAP <sup>4/</sup>                        | Unspecified                               | Total <sup>5/</sup>                         |
|--------------------|--|--------------------|---|--|---|---|
| <b>Export</b>      |  |                    |   |  |   |   |
| W. Europe          | 1,166                                      | 1,285              | 705                                     | 96                                       | 1,504                                     | 4,756                                       |
| E. Europe          | 1,765                                      | 2,320              | 0                                       | 0  | 801                                       | 4,886                                       |
| Africa             | 28   | 0                  | 0                                       | 73                                       | 18  | 119   |
| N. America         | 823  | 964                | 107                                     | 890                                      | 1,271                                     | 4,055                                       |
| L. America         | 1,228                                      | 126                | 0                                       | 0  | 97  | 1,451                                       |
| Asia               | 245  | 1,055              | 41                                      | 42                                       | 187                                       | 1,570                                       |
| Oceania            | 0  | 0                  | 0                                       | 0  | 8   | 8   |
| <b>World Total</b> | <b>5,367</b> <sup>2/</sup><br><b>(112)</b> | <b>5,750</b>       | <b>853</b>                              | <b>1,101</b>                             | <b>3,886</b>                              | <b>16,957</b> <sup>2/</sup><br><b>(112)</b> |
| <b>Import</b>      |  |                    |   |  |   |   |
| W. Europe          | 2,644                                      | 269                | 419                                     | 364                                      | 1,812                                     | 5,508                                       |
| E. Europe          | 84   | 307                | 0                                       | 26                                       | 75  | 492   |
| Africa             | 251  | 421                | 57                                      | 35                                       | 382                                       | 1,146                                       |
| N. America         | 1,549                                      | 405                | 80                                      | 148                                      | 1,789                                     | 3,971                                       |
| L. America         | 252  | 566                | 52                                      | 129                                      | 522                                       | 1,521                                       |
| Asia               | 547  | 3,406              | 159                                     | 372                                      | 571                                       | 5,055                                       |
| Oceania            | 0  | 29                 | 7                                       | 18                                       | 41  | 95  |
| <b>World Total</b> | <b>5,367</b> <sup>3/</sup><br><b>(40)</b>  | <b>5,403</b>       | <b>853</b> <sup>3/</sup><br><b>(79)</b> | <b>1,101</b> <sup>3/</sup><br><b>(9)</b> | <b>5,104</b> <sup>3/</sup><br><b>(88)</b> | <b>17,828</b> <sup>3/</sup><br><b>(40)</b>  |

Note: 1/ Unspecified mean the balance which is calculated by subtracting export/import of each products from the total, and includes 1,700 Ntons of ammonium nitrate, and 1,000 Ntons of ammonium sulphate.

2/ Volume exported from unspecified countries, and included in the world total.

3/ Volume destined to unknown countries, and included in the world total.

Source: 4/ IFA and Study team estimate  
5/ FAO

Table 2-6 PAST TREND AND PROJECTION OF UREA PRICE  
IN THE INTERNATIONAL MARKET

(Unit: US\$/ton)

|                                | Current Dollars                      |                       | 1984 Constant Dollars  |                       | Price<br>Deflator   |
|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|
|                                | FOB Europe <sup>2/</sup><br>(Bagged) | FOB US Gulf<br>(Bulk) | FOB Europe<br>(Bagged) | FOB US Gulf<br>(Bulk) |                     |
| <u>Actural</u>                 |                                      |                       |                        |                       |                     |
| 1965                           | 95.8                                 |                       | 364.3                  |                       | 26.3                |
| 1970                           | 48.3                                 |                       | 165.4                  |                       | 29.2                |
| 1975                           | 198.0                                |                       | 335.6                  |                       | 59.0                |
| 1978                           | 144.8                                | 128.0                 | 188.5                  | 166.7                 | 76.8                |
| 1979                           | 172.9                                | 145.0                 | 203.2                  | 170.4                 | 85.1                |
| 1980                           | 222.1                                | 185.0                 | 240.6                  | 200.4                 | 92.3                |
| 1981                           | 216.0                                | 185.1                 | 246.6                  | 211.3                 | 87.6                |
| 1982                           | 158.8                                | 132.1                 | 185.1                  | 154.0                 | 85.8                |
| 1983 Jan.-June                 | 137.1                                | 127.2                 | 148.1                  | 137.4                 | 92.6 <sup>1/</sup>  |
| 1984                           |                                      |                       |                        |                       | 100.0 <sup>1/</sup> |
| <u>Projected</u> <sup>1/</sup> |                                      |                       |                        |                       |                     |
| 1985                           |                                      | 183.8                 |                        | 170.0                 | 108.1               |
| 1990                           |                                      | 317.4                 |                        | 200.0                 | 158.7               |
| 1995                           |                                      | 499.3                 |                        | 214.0                 | 233.3               |
| 2000                           |                                      | 767.6                 |                        | 224.0                 | 342.7               |

Note: <sup>1/</sup> Assuming 8% p.a. of price escalation from the previous year.

Source: <sup>2/</sup> Green Markets, etc.

Table 2-7 AGRICULTURAL PRODUCTION IN NEPAL

|           | (Unit: ton) |         |           |                  |           |         |           |                  |
|-----------|-------------|---------|-----------|------------------|-----------|---------|-----------|------------------|
|           | 1971/72     |         |           |                  | 1982/83   |         |           |                  |
|           | High Hill   | Hill    | Terai     | Kathmandu Valley | High Hill | Hill    | Terai     | Kathmandu Valley |
| Paddy     | 43,933      | 344,876 | 1,851,385 | 103,632          | 44,330    | 390,680 | 1,297,430 | 100,180          |
| Maize     | 76,586      | 402,678 | 225,328   | 54,134           | 56,730    | 358,920 | 227,280   | 75,310           |
| Wheat     | 29,621      | 58,638  | 99,502    | 35,433           | 16,980    | 145,050 | 444,460   | 50,140           |
| Millet    | 17,654      | 87,669  | 17,291    | 6,886            | 16,110    | 87,100  | 17,840    | 3,820            |
| Sugarcane | 1,042       | 27,712  | 212,493   | 3,573            | 650       | 41,180  | 574,740   | -                |
| Jute      | -           | 2,287   | 55,752    | 20               | N.A.      | N.A.    | N.A.      | N.A.             |
| Oilseed   | 671         | 11,766  | 44,008    | 1,000            | 520       | 13,210  | 55,750    | 400              |
| Tobacco   | 80          | 367     | 6,458     | -                | -         | 160     | 6,480     | -                |
| Potato    | 52,658      | 127,465 | 89,383    | 23,862           | 77,830    | 190,620 | 104,520   | 28,210           |

Note: N.A. = Not available

Source: Dept. of Food & Agricultural Marketing Services, Nepal

Table 2-8 YIELD OF MAJOR CROPS  
IN NEPAL 1981

(Unit: kg/ha)

|                  | Paddy | Maize | Wheat |
|------------------|-------|-------|-------|
| Hill             | 1,975 | 1,554 | 1,038 |
| Terai            | 2,082 | 1,533 | 1,183 |
| Kathmandu Valley | 1,898 | 1,636 | 1,385 |
| Nepal Total      | 3,846 | 1,747 | 1,879 |
| India            | 1,975 | 1,581 | 1,316 |
| Pakistan         | 2,050 | 1,207 | 1,649 |
| Bangladesh       | 2,560 | 1,381 | 1,640 |
| Korea, Rep.      | 1,980 | 700   | 1,848 |
| Japan            | 5,745 | 4,383 | 2,850 |
| World Average    | 5,629 | 3,000 | 3,060 |
|                  | 2,855 | 3,370 | 1,914 |

Source: Dept. of Food & Agricultural Marketing Services,  
Nepal

Table 2-9 CHANGE IN THE YIELD OF  
MAJOR CROPS IN NEPAL

(Unit: kg/ha)

|           | 1971/72 | 1975/76 | 1982/83 |
|-----------|---------|---------|---------|
| Paddy     | 1,950   | 2,070   | 1,449   |
| Maize     | 1,730   | 1,620   | 1,406   |
| Wheat     | 930     | 1,180   | 1,357   |
| Barley    | 930     | 930     | 869     |
| Millet    | 1,130   | 1,140   | 938     |
| Potato    | 576     | 5,880   | 6,300   |
| Sugarcane | 16,200  | 16,770  | 24,227  |
| Oilseeds  | 590     | 610     | 631     |
| Tobacco   | 640     | 720     | 741     |

Source: Dept. of Food & Agricultural Marketing Services,  
Nepal



Table 2-10 PAST TREND OF FERTILIZER CONSUMPTION  
IN NEPAL

(Nutrient ton)

|         | N      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Total  |
|---------|--------|-------------------------------|------------------|--------|
| 1965/66 | 342    | 90                            | 12               | 444    |
| 1966/67 | 1,070  | 276                           | 104              | 1,450  |
| 1967/68 | 1,839  | 728                           | 167              | 2,734  |
| 1968/69 | 2,382  | 659                           | 159              | 3,200  |
| 1969/70 | 3,380  | 1,049                         | 156              | 4,585  |
| 1970/71 | 4,111  | 1,081                         | 214              | 5,406  |
| 1971/72 | 5,554  | 1,952                         | 462              | 7,968  |
| 1972/73 | 7,698  | 3,150                         | 1,052            | 11,900 |
| 1973/74 | 9,003  | 3,167                         | 918              | 13,088 |
| 1974/75 | 8,923  | 2,849                         | 886              | 12,658 |
| 1975/76 | 8,423  | 2,491                         | 1,352            | 12,266 |
| 1976/77 | 10,696 | 2,780                         | 1,422            | 14,898 |
| 1977/78 | 13,013 | 3,383                         | 1,079            | 17,475 |
| 1978/79 | 14,115 | 3,692                         | 1,456            | 19,263 |
| 1979/80 | 14,480 | 4,277                         | 1,178            | 19,935 |
| 1980/81 | 16,984 | 4,993                         | 587              | 22,564 |
| 1981/82 | 17,976 | 5,003                         | 771              | 23,750 |
| 1982/83 | 22,896 | 7,167                         | 912              | 30,975 |

Source: AIC

Table 2-11 NITROGEN FERTILIZER CONSUMPTION PER HECTARE  
OF ARABLE LAND AND PERMANENT CROPS IN  
NEPAL AND S.W. ASIAN COUNTRIES

(Unit: Nkg/ha)

|            | Average of<br>1974-76 | 1981 |
|------------|-----------------------|------|
| Nepal      | 4.0                   | 7.4  |
| Bangladesh | 14.5                  | 27.5 |
| Burma      | 4.1                   | 11.0 |
| India      | 12.1                  | 22.9 |
| Pakistan   | 22.3                  | 41.0 |
| Sri Lanka  | 23.9                  | 41.2 |

Source: FAO

Table 2-12 IMPORT OF FERTILIZER, NEPAL

| Average of      | Total Import | of which:<br>by aid | (% of<br>total import) | Import in Nutrient tons |                               |                  |
|-----------------|--------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------|
|                 |              |                     |                        | N                       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|                 |              |                     |                        |                         |                               |                  |
| 1965/66-1969/70 | 11,238       | 834                 | ( 7.4)                 | 2,298                   | 765                           | 190              |
| 1970/71-1974/75 | 40,878       | 16,358              | (40.0)                 | 9,009                   | 3,030                         | 2,075            |
| 1975/76-1979/80 | 34,821       | 25,956              | (74.5)                 | 12,596                  | 2,611                         | 908              |
| 1980/81         | 49,558       | 19,485              | (39.3)                 | 14,801                  | 3,822                         | 1,665            |
| 1981/82         | 64,620       | 38,020              | (58.8)                 | 20,052                  | 7,239                         | -                |
| 1982/83         | 99,800       | 51,400              | (51.5)                 | 36,665                  | 7,110                         | -                |

Source: AIC

Table 2-13 SEASONAL CHANGE IN THE SHIPMENT AND  
INVENTORY OF FERTILIZER IN NEPAL

(Unit: % of yearly total)

|           | Monthly Sales |         |         | Inventory |         |         |
|-----------|---------------|---------|---------|-----------|---------|---------|
|           | 1976/77       | 1977/78 | 1978/79 | 1976/77   | 1977/78 | 1978/79 |
| Jul./Aug. | 6.1           | 4.2     | 4.8     | 105.7     | 86.3    | 82.1    |
| Aug./Sep. | 4.0           | 4.2     | 4.9     | 103.0     | 85.8    | 75.7    |
| Sep./Oct. | 27.5          | 25.3    | 19.5    | 80.9      | 78.4    | 58.8    |
| Oct./Nov. | 6.7           | 3.6     | 6.4     | 67.6      | 81.9    | 61.6    |
| Nov./Dec. | 8.6           | 11.5    | 14.9    | 54.8      | 78.2    | 44.1    |
| Dec./Jan. | 5.0           | 5.3     | 6.0     | 60.5      | 75.8    | 48.7    |
| Jan./Feb. | 2.9           | 2.8     | 3.3     | 68.7      | 73.0    | 46.3    |
| Feb./Mar. | 0.9           | 1.5     | 1.3     | 76.9      | 75.7    | 46.5    |
| Mar./Apr. | 2.3           | 3.4     | 2.9     | 81.2      | 88.2    | 57.9    |
| Apr./May  | 17.7          | 20.6    | 20.0    | 101.8     | 66.0    | 53.2    |
| May/June  | 9.1           | 7.4     | 5.8     | 102.8     | 83.1    | 61.2    |
| June/Jul. | 9.2           | 10.2    | 10.2    | 101.9     | 87.2    | 57.9    |

Source: AIC

Table 2-14 PRICES OF FERTILIZERS AND AGRICULTURAL PRODUCTS

(Unit: NRS/ton)

| Fertilizer           | 1970/71 | 1971/72 | 1972/73 | 1973/74 <sup>1/</sup> | 1974/75 | 1975/76 <sup>2/</sup> | 1976/77 | 1977/78 | 1978/79 | 1979/80 | 1980/81 <sup>3/</sup> |
|----------------------|---------|---------|---------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------------|
| Ammonium Sulphate    | 850     | 1,000   | 1,000   | 1,658                 | 1,658   | 1,870                 | 1,870   | 1,870   | 1,870   | 1,870   | 2,400                 |
| Urea (A)             | 1,342   | 1,535   | 1,535   | 2,193                 | 2,193   | 2,440                 | 2,440   | 2,440   | 2,440   | 2,440   | 3,100                 |
| Complex              | 1,057   | 1,557   | 1,557   | 2,214                 | 2,214   | 2,270                 | 2,270   | 2,270   | 2,270   | 2,270   | 2,800                 |
| Agricultural Product |         |         |         |                       |         |                       |         |         |         |         |                       |
| Paddy (B)            | 1,260   | 1,410   | 1,650   | 1,760                 | 1,690   | 1,740                 | 1,590   | 1,920   | 1,990   | 1,930   | 2,560                 |
| Wheat (C)            | 1,440   | 1,660   | 2,290   | 2,470                 | 3,110   | 2,510                 | 2,170   | 2,460   | 2,600   | 2,730   | 3,070                 |
| (B/A)                | 0.94    | 0.92    | 1.07    | 0.80                  | 0.82    | 0.71                  | 0.65    | 0.79    | 0.82    | 0.79    | 0.85                  |
| (C/A)                | 1.07    | 1.08    | 1.49    | 1.13                  | 1.42    | 1.03                  | 0.89    | 1.01    | 1.07    | 1.12    | 0.99                  |

Notes: 1/ Feb., 1974.

2/ Dec., 1975.

3/ Sept., 1980.

For detail see Table 2-15.

Source: AIC

Table 2-15 ANNUAL AVERAGE (NATIONAL) PRICE OF CHEMICAL FERTILIZER

|       |             | (Unit: NRS/ton) |             |                      |                            |
|-------|-------------|-----------------|-------------|----------------------|----------------------------|
| S.No. | Fiscal Year | A/Sul.21%N      | Urea.46% N. | Complex<br>(20:20:0) | Potash<br>K <sub>2</sub> O |
| 1.    | 1973-74 (I) | 1,000.00        | 1,535.00    | 1,556.60             | 895.00                     |
|       | Jan (II)    | 1,657.70        | 2,192.70    | 2,214.30             | 1,552.70                   |
| 2.    | 1974-75     | 1,657.70        | 2,192.70    | 2,214.30             | 1,552.70                   |
| 3.    | 1975-76 (I) | 1,657.70        | 2,192.70    | 2,214.30             | 1,552.70                   |
|       | Sept. (II)  | 2,200.00        | 3,050.00    | 2,670.00             | 1,050.00                   |
|       | Dec. (III)  | 1,870.00        | 2,440.00    | 2,269.50             | 1,572.50                   |
| 4.    | 1976-77     | 1,870.00        | 2,440.00    | 2,269.50             | 1,572.50                   |
| 5.    | 1977-78     | 1,870.00        | 2,440.00    | 2,269.50             | 1,572.50                   |

Source: Agriculture Inputs Corporation.

Table 2-16 PAST TREND OF NITROGEN FERTILIZER CONSUMPTION  
BY TYPE IN NEPAL

|                       | (N ton)         |                 |                 |                 |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                       | 1965-69 Average | 1970-74 Average | 1975-79 Average | 1980-82 Average |
| Urea                  | 93 ( 5.1)       | 2,140 ( 30.3)   | 7,556 ( 61.1)   | 12,751 ( 66.1)  |
| Ammonium Sulphate     | 1,215 ( 67.4)   | 2,920 ( 41.4)   | 1,577 ( 12.7)   | 900 ( 4.7)      |
| Di Ammonium Phosphate | - ( -)          | - ( -)          | - ( -)          | 106 ( 0.6)      |
| CX (20-20-0)          | 457 ( 25.4)     | 1,959 ( 27.7)   | 2,295 ( 18.8)   | 5,119 ( 26.6)   |
| CX (23-23-0)          | 12 ( 0.7)       | 30 ( 0.4)       | 166 ( 1.3)      | 276 ( 1.4)      |
| CX (15-15-15)         | 0 ( 0.0)        | 12 ( 0.2)       | 754 ( 6.1)      | 124 ( 0.6)      |
| CX (5-6-7)            | - ( -)          | - ( -)          | 2 ( 0.0)        | 2 ( 0.0)        |
| Other N               | 26 ( 1.4)       | 4 ( 0.0)        | 0 ( 0.0)        | 2 ( 0.0)        |
| Total N               | 1,803 (100.0)   | 7,065 (100.0)   | 12,350 (100.0)  | 19,280 (100.0)  |

Note: Figures in the parentheses mean the percent of total N.

Source: AIC

Table 2-17 CONSUMPTION OF NITROGEN FERTILIZER BY REGION IN NEPAL

|                         | 1975  | 1976   | 1977   | 1978   | 1979   | 1980   | 1981   | 1982   |
|-------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| (N ton)                 |       |        |        |        |        |        |        |        |
| Eastern Dev. Region     | 753   | 991    | 1,215  | 1,284  | 1,461  | 1,413  | 1,540  | 1,372  |
| High Hill               | 1     | 5      | 11     | 12     | 25     | 31     | 29     | 55     |
| Hill                    | 96    | 132    | 182    | 185    | 224    | 222    | 224    | 354    |
| Terai                   | 656   | 854    | 1,022  | 1,087  | 1,212  | 1,160  | 1,287  | 963    |
| Central Dev. Region     | 6,341 | 7,846  | 9,512  | 10,215 | 11,387 | 13,047 | 13,261 | 15,702 |
| High Hill               | 80    | 152    | 390    | 360    | 505    | 629    | 679    | 864    |
| Hill                    | 393   | 538    | 941    | 1,004  | 1,318  | 786    | 1,557  | 1,987  |
| Kathmandu Valley        | 3,706 | 4,348  | 4,786  | 5,342  | 5,505  | 5,683  | 5,816  | 6,234  |
| Terai                   | 2,162 | 2,808  | 3,395  | 3,509  | 4,059  | 5,949  | 5,209  | 6,617  |
| Western Dev. Region     | 1,095 | 1,389  | 1,786  | 1,744  | 2,088  | 2,103  | 2,553  | 2,787  |
| High Hill               | -     | -      | -      | -      | -      | 9      | 18     | 16     |
| Hill                    | 280   | 356    | 492    | 465    | 637    | 593    | 651    | 888    |
| Terai                   | 815   | 1,033  | 1,294  | 1,279  | 1,451  | 1,501  | 1,884  | 1,883  |
| Mid-Western Dev. Region | 156   | 292    | 333    | 329    | 415    | 325    | 396    | 777    |
| High Hill               | 2     | 1      | 1      | 1      | 1      | 3      | 3      | 5      |
| Hill                    | 18    | 40     | 58     | 68     | 84     | 65     | 49     | 115    |
| Terai                   | 136   | 251    | 274    | 260    | 330    | 257    | 344    | 657    |
| Far-Western Dev. Region | 79    | 178    | 166    | 177    | 147    | 96     | 183    | 286    |
| High Hill               | 1     | 0      | 1      | 0      | 3      | 3      | 4      | 15     |
| Hill                    | 20    | 31     | 41     | 39     | 48     | 26     | 58     | 18     |
| Terai                   | 58    | 147    | 124    | 138    | 96     | 67     | 121    | 253    |
| Total                   | 8,424 | 10,696 | 13,012 | 13,749 | 15,498 | 16,984 | 17,933 | 20,924 |
| High Hill               | 84    | 158    | 403    | 373    | 534    | 675    | 733    | 955    |
| Hill                    | 807   | 1,097  | 1,714  | 1,761  | 2,311  | 1,692  | 2,539  | 3,362  |
| Kathmandu Valley        | 3,706 | 4,348  | 4,786  | 5,342  | 5,505  | 5,683  | 5,816  | 6,234  |
| Terai                   | 3,827 | 5,093  | 6,109  | 6,273  | 7,148  | 8,934  | 8,845  | 10,373 |

Source: AIC



Table 2-18 ESTIMATED CROPWISE CONSUMPTION OF FERTILIZER IN NEPAL

|                               | 1974/1975      |            | 1975/1976      |            | 1976/1977      |            |
|-------------------------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|
|                               | Quantity (ton) | % of total | Quantity (ton) | % of total | Quantity (ton) | % of total |
| Paddy                         | 12,839         | 34         | 10,896         | 35         | 13,999         | 37         |
| Wheat                         | 18,948         | 52         | 15,565         | 50         | 18,539         | 49         |
| Maize                         | 1,093          | 3          | 1,245          | 4          | 1,325          | 3.5        |
| Industrial Crops <sup>*</sup> | 2,186          | 6          | 1,868          | 6          | 2,270          | 6          |
| Vegetables and others         | 1,823          | 5          | 1,557          | 5          | 1,702          | 4.5        |
| Total                         | 36,439         | 100        | 31,131         | 100        | 37,835         | 100        |

Note: <sup>\*</sup>/ Tobacco, Jute and Sugarcane.

Source: AIC and AMSD ("Distribution of Agriculture Inputs in Nepal"), 1978

Table 2-19 ESTIMATE OF FERTILIZED AREA RATIO BY CROP IN 1976/77

| Crop                           | Estimated Fertilizer Consumption (ton) (A) | Recommended Dosage/ (kg/ha) (B) | Estimated Area Fertilized (C=A/B) ('000ha) | Cultivated Area (D) ('000ha) | Cultivated Area under Improved Varieties <sup>4/</sup> (E) ('000ha) | Fertilized Area as % of Cultivated Area (C/D) (%) | Fertilized Area as % of area under improved varieties (C/E) (%) |
|--------------------------------|--|---------------------------------|--|------------------------------|---|---|---|
| Paddy                          | 13,999                                     | 90                              | 155.5                                      | 1,261.7                      | 222.6   | 12.3  | 69.9  |
| Wheat                          | 18,539                                     | 90                              | 206.0                                      | 348.3                        | 246.9   | 59.1  | 83.4  |
| Maize                          | 1,325                                      | 108                             | 12.3                                       | 445.6                        | 78.9  | 2.8   | 15.6  |
| Industrial Crops <sup>2/</sup> | 2,270                                      | 40                              | 56.8                                       | 51.0 <sup>3/</sup>           | 7.9   | 111.4   | 719.0   |

Notes: 1/ Applied 90% level of recommended dosage in Central Terai.

2/ The average of recommended dosages of sugarcane, jute, and tobacco weighted by cultivated area.

3/ Sugarcane, jute and tobacco only.

4/ In 1974/75.

Source: Study team estimate

Table 2-20 ANALYSIS OF INCREASE IN THE VALUE OF CROPS BY APPLICATION OF NITROGEN FERTILIZER

| Crop         | Agroclimatic variation | Market price of crop (NRS/MT) | Cost of fertilizer <sup>2/</sup> (NRS/Urea MT) | Nitrogen fertilizer response <sup>3/</sup> | Nitrogen fertilizer application  |                                      |                             |
|--------------|------------------------|-------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|-----------------------------|
|              |                        |                               |  |  | level at which the increase in the value of yield is equivalent to <sup>4/</sup> | twice of cost of fertilizer (Nkg/ha) | Recommended Dosage (Nkg/ha) |
| Paddy (I.V.) | Hill                   | 2,250                         | 3,100  | $Y=3737+33.67x-0.1445x^2$                  | 106  | 96                                   | 60-80                       |
|              | Terai                  | 2,250                         | 3,100  | $Y=2583+18.32x-0.06159x^2$                 | 125  | 100                                  | 100                         |
|              | Inner Terai            | 2,250                         | 3,100  | $Y=3094+23.31x-0.08x^2$                    | 127  | 108                                  | 80                          |
| Paddy (L.V.) | Inner Terai            | 2,250                         | 3,100  | $Y=2740+21.79x-0.155x^2$                   | 61   | 51 $\frac{6}{/}$                     | 30                          |
|              | E. Terai (Morang)      | 2,250                         | 3,100  | $Y=2404+5.84x-0.075x^2$                    | 19   |                                      | 40                          |
|              | W. Terai (Banke)       | 2,250                         | 3,100  | $Y=1546+11.89x-0.1938x^2$                  | 23   | 15                                   | 40                          |
| Wheat        | Hill                   | 2,700                         | 3,100  | $Y=1666+22.54x-0.03706x^2$                 | 271  | 237                                  | 60-80                       |
|              | Terai                  | 2,700                         | 3,100  | $Y=1528+23.3x-0.065x^2$                    | 160  | 141                                  | 80-100                      |
|              | Inner Terai            | 2,700                         | 3,100  | $Y=2524+32.14x-0.16x^2$                    | 93   | 85                                   | 80                          |
| Maize        | M. Hill                | 2,370                         | 3,100  | $Y=1821+3.58x-0.009x^2$                    | 42   | $\frac{6}{/}$                        | Not available               |
|              | Hill                   | 2,370                         | 3,100  | $Y=1826+39.85x-0.09x^2$                    | 206  | 190                                  | 80-100                      |
|              | Inner Terai            | 2,370                         | 3,100  | $Y=961+12.16x-0.0306x^2$                   | 177  | 156                                  | 100-120                     |

Explanatory notes:

- 1/ As of september, 1980. National average retail price.
- 2/ As of september, 1980. At A.I.C.'s godown. Transportation costs and distribution costs after godown and the application costs are not included.
- 3/ Calculated from the data in Annex II-2.  
x: Nitrogen fertilizer applied (N kg/ha.)  
Y: Yield (kg/ha.)
- 4/ When the fertilizer response is given in the formula (1), the increase in the value of yield with application of x Nkgs of nitrogen fertilizer, is calculated by the formula (2).  
$$Y = a + bx + cx^2 \quad \text{--- (1)}$$
$$Y' = (b+2cx) \times d \quad \text{--- (2)}$$
Where, x = Nitrogen fertilizer applied (Nkg/ha.)  
Y = Yield (kg/ha.)  
Y' = increase in the value of yield with application of x Nkgs of nitrogen fertilizer (RS)  
d = price of crop (RS/kg)  
When the cost of fertilizer is given by e, the nitrogen fertilizer application level, at which the increase in the value of yield is equivalent to n times of cost of fertilizer, can be obtained by the following formula.  
$$x = \frac{1}{2c} (n \times \frac{e}{d} - b)$$
- 5/ Since the prices of both crop and fertilizer are expressed in market price, if the level is calculated using farmers' gate prices, the result may be less favorable than thus obtained.
- 6/ Impossible to expect the increase in the value of yield at twice of cost level.

Table 2-21 DIFFUSION OF IMPROVED VARIETIES IN NEPAL

| Year    | Development Region | Paddy                         |                               |             | Wheat                         |                               |             | Maize                         |                               |             |
|---------|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|
|         |                    | Cultivated Area (A) ('000 ha) | Area under I.V. (B) ('000 ha) | B/A (%)     | Cultivated Area (A) ('000 ha) | Area under I.V. (B) ('000 ha) | B/A (%)     | Cultivated Area (A) ('000 ha) | Area under I.V. (B) ('000 ha) | B/A (%)     |
| 1971/72 | Eastern            | 368.7                         | 13.5                          | 3.7         | 28.8                          | 17.8                          | 61.8        | 85.8                          | 2.1                           | 2.4         |
|         | Central            | 417.1                         | 45.7                          | 11.0        | 83.8                          | 58.9                          | 70.3        | 144.6                         | 11.5                          | 8.0         |
|         | Western            | 211.3                         | 13.6                          | 6.4         | 50.1                          | 23.3                          | 46.5        | 98.9                          | 1.8                           | 1.8         |
|         | Far-Western        | 203.6                         | 8.8                           | 4.3         | 76.5                          | 8.0                           | 10.5        | 189.0                         | 4.1                           | 2.2         |
|         | <u>Total</u>       | <u>1,200.7</u>                | <u>81.6</u>                   | <u>6.8</u>  | <u>239.2</u>                  | <u>108.0</u>                  | <u>45.2</u> | <u>518.3</u>                  | <u>19.5</u>                   | <u>3.8</u>  |
| 1972/73 | Eastern            | 353.4                         | 24.9                          | 7.1         | 35.6                          | 30.1                          | 84.6        | 88.1                          | 6.0                           | 6.8         |
|         | Central            | 392.7                         | 102.9                         | 26.2        | 99.8                          | 82.6                          | 82.8        | 146.5                         | 16.3                          | 11.1        |
|         | Western            | 200.8                         | 33.0                          | 16.4        | 51.4                          | 37.4                          | 72.8        | 99.8                          | 7.1                           | 7.1         |
|         | Far-Western        | 193.1                         | 16.3                          | 8.4         | 79.6                          | 20.9                          | 26.3        | 192.2                         | 6.2                           | 3.2         |
|         | <u>Total</u>       | <u>1,140.0</u>                | <u>177.1</u>                  | <u>15.5</u> | <u>266.4</u>                  | <u>171.0</u>                  | <u>64.2</u> | <u>526.6</u>                  | <u>35.6</u>                   | <u>6.8</u>  |
| 1973/74 | Eastern            | 385.4                         | 31.9                          | 8.3         | 37.3                          | 35.6                          | 95.4        | 68.1                          | 9.3                           | 13.7        |
|         | Central            | 413.1                         | 106.0                         | 25.7        | 99.0                          | 89.1                          | 90.0        | 148.1                         | 31.4                          | 21.2        |
|         | Western            | 214.0                         | 40.7                          | 19.0        | 54.6                          | 56.4                          | 103.3       | 101.0                         | 16.1                          | 15.9        |
|         | Far-Western        | 207.6                         | 26.5                          | 12.8        | 82.3                          | 25.6                          | 31.1        | 189.7                         | 18.0                          | 9.5         |
|         | <u>Total</u>       | <u>1,220.1</u>                | <u>205.1</u>                  | <u>16.8</u> | <u>273.2</u>                  | <u>206.7</u>                  | <u>75.7</u> | <u>506.9</u>                  | <u>74.8</u>                   | <u>14.8</u> |
| 1974/75 | Eastern            | 390.5                         | 42.7                          | 10.9        | 45.2                          | 50.4                          | 111.5       | 95.5                          | 8.4                           | 8.8         |
|         | Central            | 415.8                         | 91.4                          | 22.0        | 104.3                         | 107.3                         | 102.9       | 149.2                         | 30.5                          | 20.4        |
|         | Western            | 216.0                         | 62.2                          | 28.8        | 59.0                          | 60.3                          | 102.2       | 102.0                         | 21.7                          | 21.3        |
|         | Far-Western        | 210.3                         | 26.3                          | 12.5        | 81.2                          | 28.9                          | 35.6        | 194.1                         | 18.3                          | 9.4         |
|         | <u>Total</u>       | <u>1,232.6</u>                | <u>222.6</u>                  | <u>18.1</u> | <u>289.7</u>                  | <u>246.9</u>                  | <u>85.2</u> | <u>540.8</u>                  | <u>78.9</u>                   | <u>14.6</u> |

Source: ARSAP, "Marketing, Distribution and Use of Fertilizer in Nepal." (1977)

Table 2-22 PROJECTION OF DEMAND FOR NITROGEN FERTILIZER  
AT VARIOUS LEVELS IN NEPAL

|                  | 1975  | 1980   | 1985   | 1990   | 1995   | 2000    |
|------------------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
|                  |       |        |        |        |        | (N ton) |
| <u>BASE CASE</u> |       |        |        |        |        |         |
| Eastern          | 753   | 1,413  | 1,721  | 2,404  | 2,476  | 2,511   |
| Central          | 2,635 | 7,364  | 10,082 | 12,160 | 12,985 | 13,041  |
| Kathmandu Valley | 3,706 | 5,683  | 6,743  | 7,591  | 8,303  | 8,808   |
| Western          | 1,095 | 2,103  | 3,051  | 3,974  | 4,661  | 4,941   |
| Mid-Western      | 156   | 325    | 597    | 870    | 887    | 1,064   |
| Far-Western      | 79    | 96     | 295    | 321    | 498    | 513     |
| Total            | 8,424 | 16,984 | 22,489 | 27,320 | 29,810 | 30,878  |
| <u>CASE A</u>    | 9,116 | 18,342 | 24,061 | 28,666 | 32,327 | 34,525  |
| <u>CASE B</u>    | 9,807 | 19,700 | 26,918 | 31,831 | 35,032 | 37,841  |
| <u>CASE C</u>    | 8,374 | 17,206 | 22,528 | 26,663 | 30,062 | 32,241  |

Notes: Case A assumed that the past demand was 10% higher than actual consumption.

Case B assumed that the past demand was 20% higher than actual consumption.

Case C assumed that the past demand was 10% higher than actual consumption, except for Kathmandu valley, where the former was 10% lower than the later.

Table 2-23 PROJECTED DEMAND FOR NITROGEN FERTILIZER IN NEPAL  
(Finally Selected Case)

|                         | 1982<br>(Actual) | 1985   | 1990   | 1995   | 2000   |
|-------------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|
| Eastern Dev. Region     | 1,372            | 1,721  | 2,404  | 2,476  | 2,511  |
| High Hill               | 55               | 54     | 67     | 81     | 95     |
| Hill                    | 354              | 285    | 447    | 466    | 474    |
| Terai                   | 963              | 1,382  | 1,890  | 1,929  | 1,942  |
| Central Dev. Region     | 15,702           | 16,825 | 19,751 | 23,805 | 24,354 |
| High Hill               | 864              | 925    | 957    | 963    | 967    |
| Hill                    | 1,987            | 2,162  | 2,446  | 2,706  | 2,716  |
| Kathmandu Valley        | 6,234            | 6,743  | 7,591  | 9,597  | 8,971  |
| Terai                   | 6,617            | 6,995  | 8,757  | 10,539 | 11,700 |
| Western Dev. Region     | 2,787            | 3,051  | 3,974  | 4,661  | 4,941  |
| High Hill               | 16               | 30     | 24     | 18     | 17     |
| Hill                    | 888              | 890    | 1,113  | 1,339  | 1,548  |
| Terai                   | 1,883            | 2,131  | 2,837  | 3,304  | 3,376  |
| Mid-Western Dev. Region | 777              | 597    | 870    | 887    | 1,064  |
| High Hill               | 5                | 10     | 10     | 10     | 9      |
| Hill                    | 115              | 93     | 189    | 193    | 195    |
| Terai                   | 657              | 494    | 671    | 684    | 860    |
| Far-Western Dev. Region | 286              | 295    | 321    | 498    | 513    |
| High Hill               | 15               | 9      | 9      | 18     | 17     |
| Hill                    | 18               | 45     | 47     | 47     | 48     |
| Terai                   | 253              | 241    | 265    | 433    | 448    |
| Total                   | 20,924           | 22,489 | 27,320 | 32,327 | 33,383 |
| High Hill               | 955              | 1,028  | 1,067  | 1,090  | 1,105  |
| Hill                    | 3,362            | 3,475  | 4,242  | 4,751  | 4,981  |
| Kathmandu Valley        | 6,234            | 6,743  | 7,591  | 9,597  | 8,971  |
| Terai                   | 10,373           | 11,243 | 14,420 | 16,889 | 18,326 |

Table 2-24 EXPECTED SALES VOLUME OF UREA

|      | (ton)  |  |  |
|------|--|--|--|
|      | <u>Total Demand for Nitrogen Fertilizer</u><br>N ton | Expected Ureas'<br>Share of Total<br>Nitrogen Demand | Maximum Expected<br>Sales Volume<br>of Urea* |
| 1985 | 22,500   | 72.5%  | 35,500                                       |
| 1990 | 27,300   | 75.0%  | 44,500                                       |
| 1995 | 32,300   | 90.0%  | 63,200                                       |
| 2000 | 33,400   | 95.0%  | 69,000                                       |

Note: \*/ Yearly change in the "maximum expected sales volume of urea" is as follows.

| Year | Maximum Expected<br>Sales Volume of Urea |
|------|--|
| 1990 | 44,500                                   |
| 1991 | 48,800                                   |
| 1992 | 52,600                                   |
| 1993 | 56,400                                   |
| 1994 | 60,100                                   |
| 1995 | 63,200                                   |
| 1996 | 64,700                                   |
| 1997 | 65,900                                   |
| 1998 | 67,100                                   |
| 1999 | 68,100                                   |
| 2000 | 69,000                                   |



Table 2-25 MONTHLY STOCK REQUIREMENT OF UREA

| Monthly shipment volume in the past |                       |  | (Unit: % of yearly shipment total)  |   |  |
|-------------------------------------|-----------------------|--|---|---|--|
| Average of<br>1976/77-78/79<br>(A)  | Standard error<br>(B) | Projected maximum<br>monthly shipment<br>(C) = ((A) + (B) x 2) <u>1/</u> | Minimum required<br>carry over<br>from the <u>2/</u><br>previous month <u>3/</u><br>(C) - 4.2 | Optimum<br>carry over<br>from the<br>previous month <u>3/</u> |  |
| Jul./Aug.                           | 5.0                   | 7.0  | 2.8   | 20.8  |  |
| Aug./Sep.                           | 4.4                   | 0.5  | 1.2   | 23.8  |  |
| Sep./Oct.                           | 24.1                  | 4.1  | 28.1  | 28.1  |  |
| Oct./Nov.                           | 5.6                   | 1.7  | 9.0   | 12.3  |  |
| Nov./Dec.                           | 11.7                  | 3.2  | 18.1  | 15.1  |  |
| Dec./Jan.                           | 5.4                   | 0.5  | 6.4   | 11.7  |  |
| Jan./Feb.                           | 3.0                   | 0.3  | 3.6   | 14.6  |  |
| Feb./Mar.                           | 1.2                   | 0.3  | 1.8   | 20.0  |  |
| Mar./Apr.                           | 2.9                   | 0.5  | 3.9   | 27.1  |  |
| Apr./May                            | 19.4                  | 1.6  | 22.6  | 32.5  |  |
| May/June.                           | 7.4                   | 1.7  | 10.8  | 21.5  |  |
| June/July.                          | 9.9                   | 0.5  | 10.9  | 22.4  |  |

Notes: 1/ Assumed the probability of risk for the shipment volume to exceed the projected volume at less than 5%.

2/ Assumed that the production is made evenly all year round, and a half of production volume in the month (or 4.2% of yearly production) can be shipped in the month.

3/ Including the carry over at stock points.

Table 2-26 PRICE AND IMPORT COSTS OF UREA IN NEPAL

|  | As of 1976/77  |         | As of 1982/83   |         |
|--|----------------|---------|-----------------|---------|
|  | in NRS         | in US\$ | in NRS          | in US\$ |
| Nepal official price (incl. retailer mark-up)              | 2,440.00       | 195.20  | 3,100.00        | 231.34  |
| Indian border price  | 3,140.13       | 251.21  | 3,498.87        | 261.11  |
|  | (IRS 2,250.00) |         | (IRS 2,467.50)  |         |
| Average import price in India                              | (IRS 1,110.09) | 123.94  | (Not Available) | N.A.    |
| Import Costs   |                |         |                 |         |
| CIF Calcutta   | 1,600.13       | 128.01  | 2,775.98        | 207.16  |
| Costs and fees excl. transp costs in India <sup>1/</sup>   | 377.84         | 30.23   | 524.32          | 39.13   |
| Transportation costs in Nepal                              | 159.18         | 12.73   | 237.06          | 17.69   |
| Other direct costs in Nepal                                | 78.42          | 6.27    | 108.82          | 8.12    |
| Total direct costs   | 2,215.57       | 177.25  | 3,646.18        | 272.10  |
| Marketing/distribution costs in Nepal                      | 436.03         | 34.88   | 481.40          | 35.93   |
| Total import costs (ex-retail)<br>(incl. retailer mark-up) | 2,651.60       | 212.13  | 4,127.58        | 308.03  |

Source: AIC

Table 2-27 PROJECTION OF UREA PRICE  
(At 1984 constant US dollars/ton)

|  | 1983<br>(Estimated) | 1985 | 1990 | 1995 | 2000 |
|--|---------------------|------|------|------|------|
| CIF Calcutta (Bagged) (A)                                      | 192                 | 225  | 255  | 269  | 279  |
| Cost up to retailers (B)                                       | 93                  | 93   | 93   | 93   | 93   |
| Total import costs (A+B)<br>(ex-retailers)                     | 285                 | 313  | 348  | 362  | 372  |
| Transportation cost from the<br>project site to the market (C) | 9                   | 9    | 9    | 9    | 9    |
| Retailer mark-up(D)  | 16                  | 18   | 20   | 21   | 21   |
| Ex-factory price (A+B) - (C+D)                                 | 260                 | 286  | 319  | 332  | 342  |

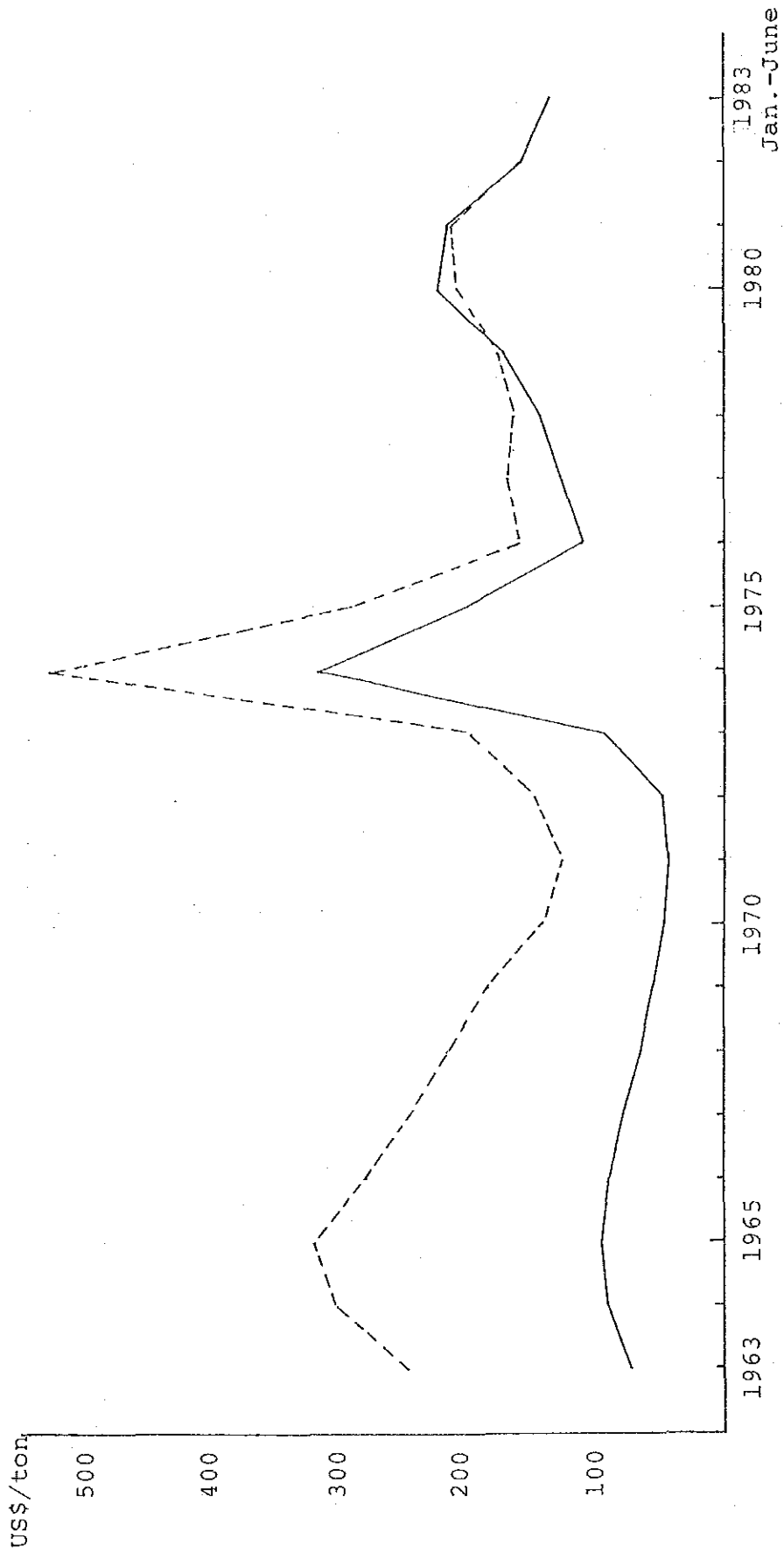
Note: 1/ Based on the projected price in Table 2-6.

(CIF Calcutta, bagged price) = (FOB US Gulf, bulk price) + (Freight form US Gulf)  
+ (Bag/Bagging costs)

Freight rate from US Gulf US\$35/ton

Bag/Bagging costs US\$20/ton

Figure 2-1 PAST TREND OF INTERNATIONAL MARKET PRICE OF UREA



Note: — Current dollars  
----- Constant dollars

Source: World Bank

Figure 2-2 TYPICAL CULTIVATION PATTERNS IN NEPAL

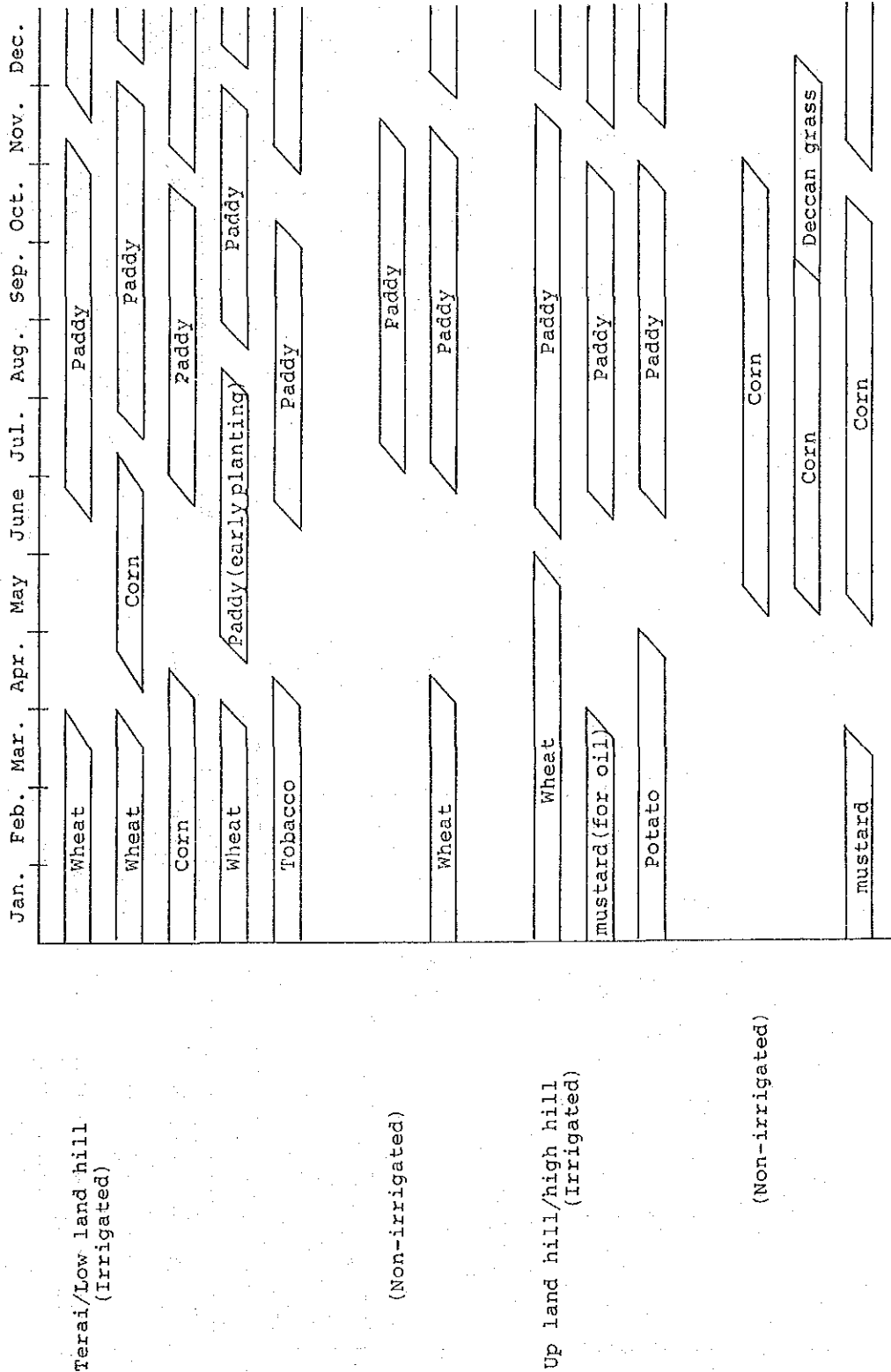


Figure 2-3 FERTILIZER CONSUMPTION TREND IN NEPAL

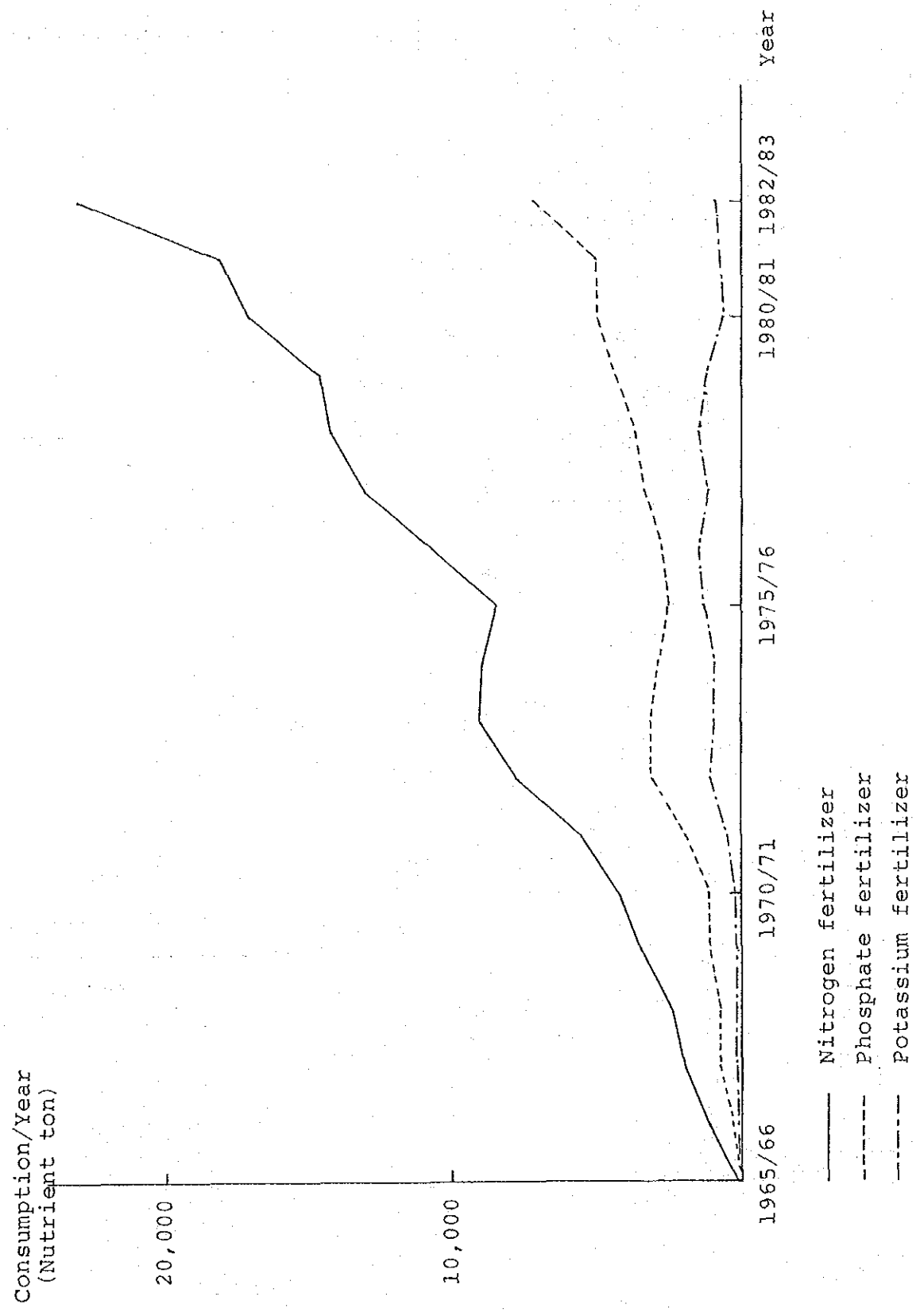


Figure 2-4 DISTRIBUTION CHANNEL OF FERTILIZER IN NEPAL

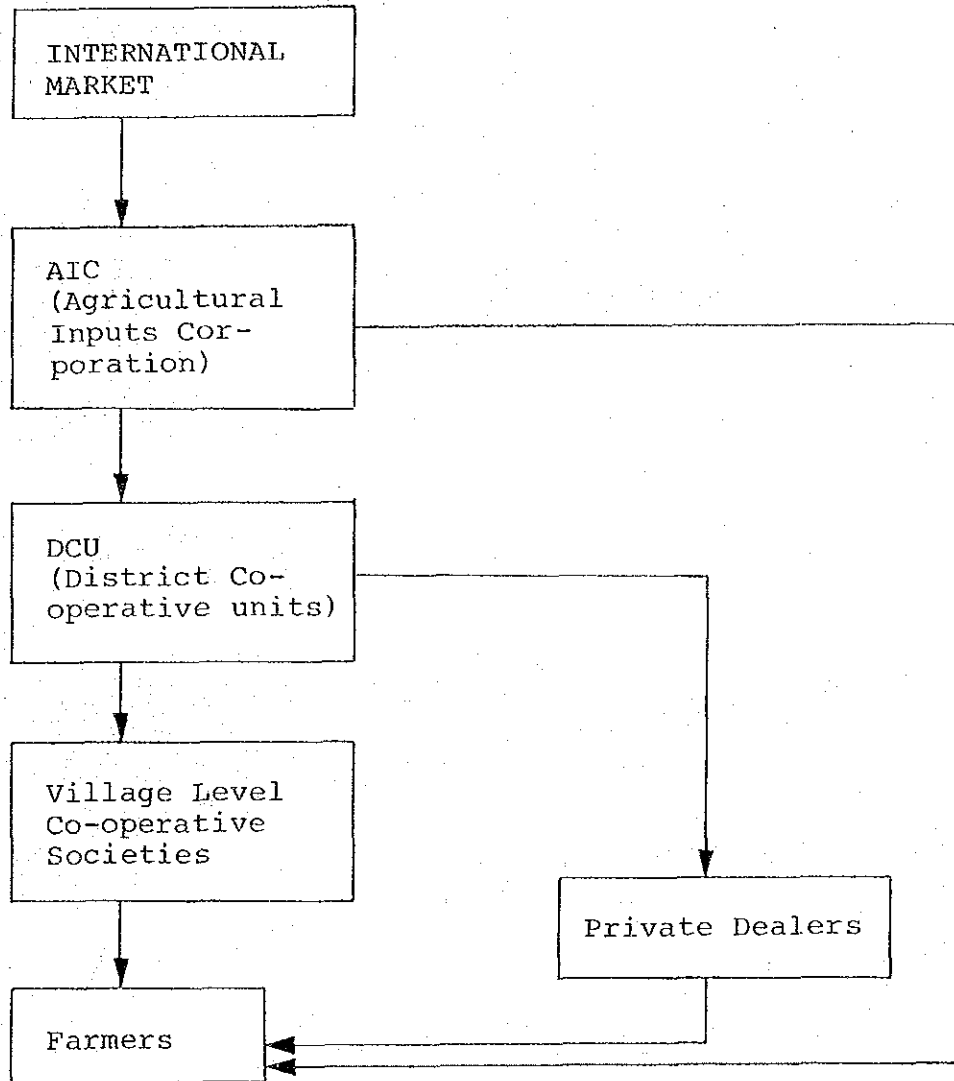


Figure 2-5 DISTRIBUTION OF IMPORTED FERTILIZER IN NEPAL

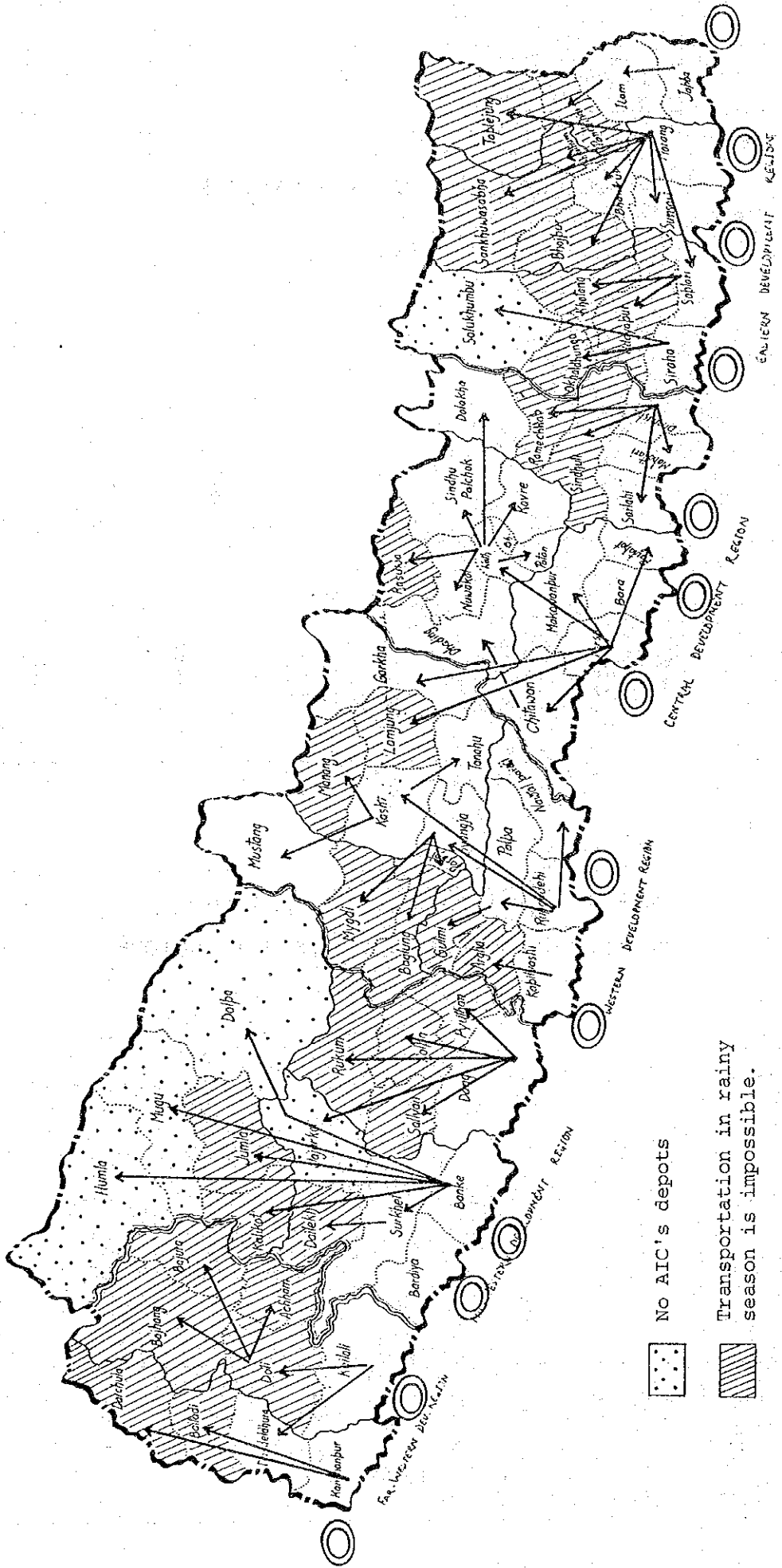
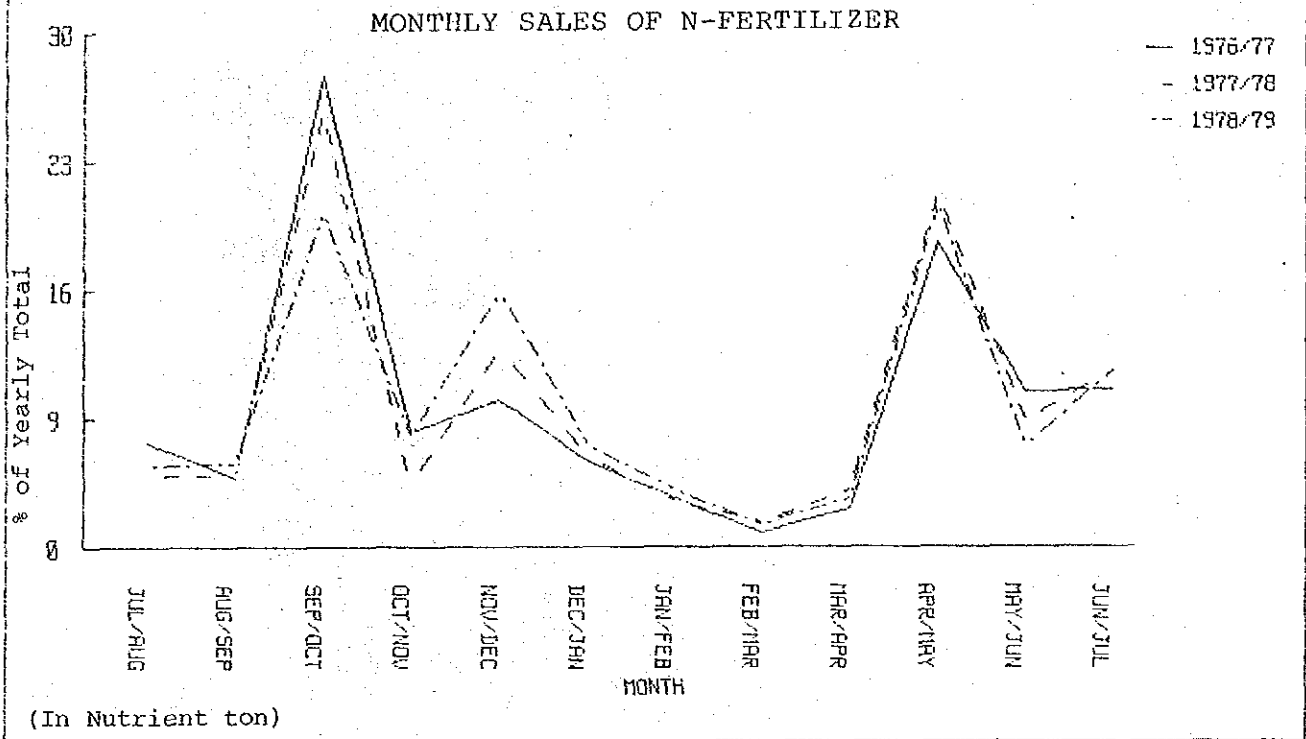




Figure 2-6. SEASONAL CHANGE IN THE SHIPMENT



SEASONAL CHANGE IN INVENTORY

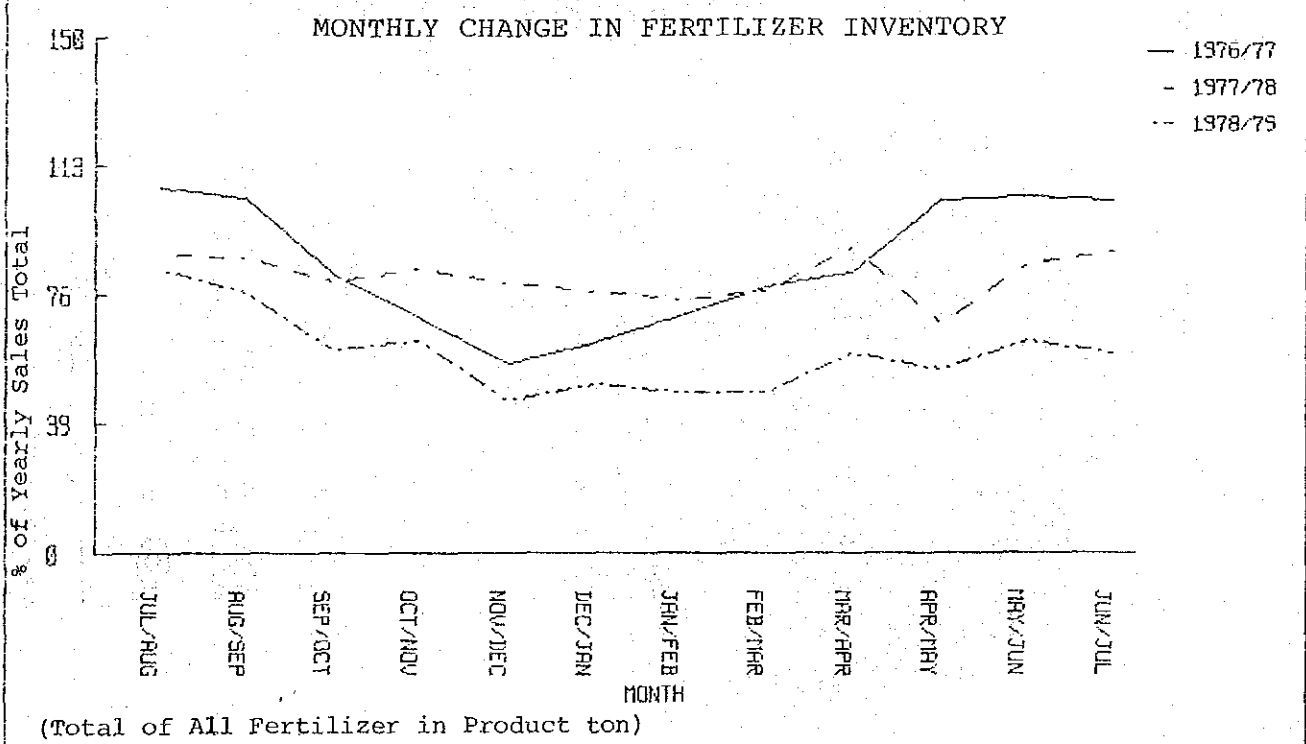
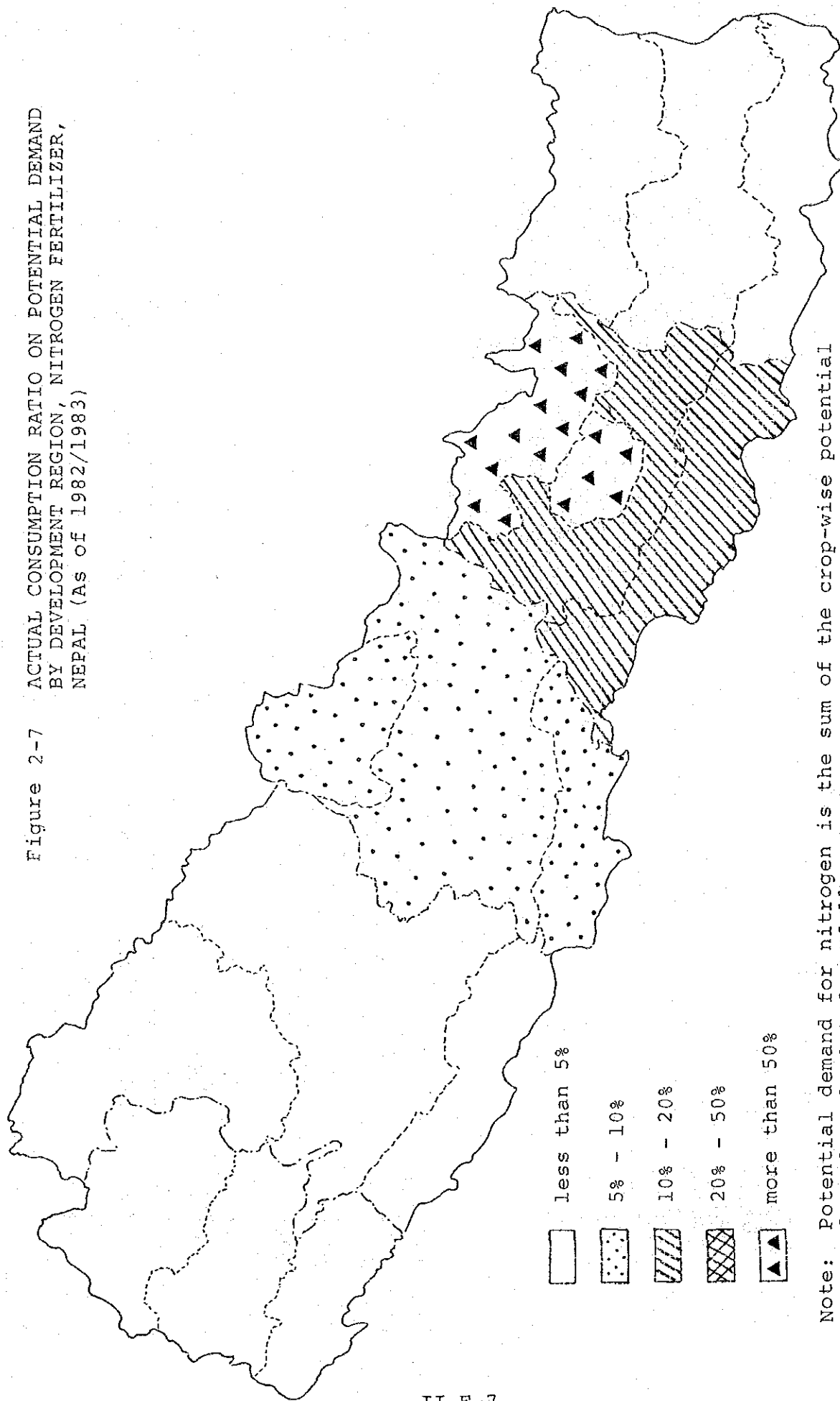


Figure 2-7 ACTUAL CONSUMPTION RATIO ON POTENTIAL DEMAND  
 BY DEVELOPMENT REGION, NITROGEN FERTILIZER,  
 NEPAL (As of 1982/1983)



Note: Potential demand for nitrogen is the sum of the crop-wise potential demands calculated as follows:  
 (Crop-wise potential demand) = (Recommended dosage of nitrogen) x (Cropped area)

Source: Study team estimate

Figure 2-8 PAST TREND AND PROJECTION OF NITROGEN FERTILIZER CONSUMPTION IN NEPAL

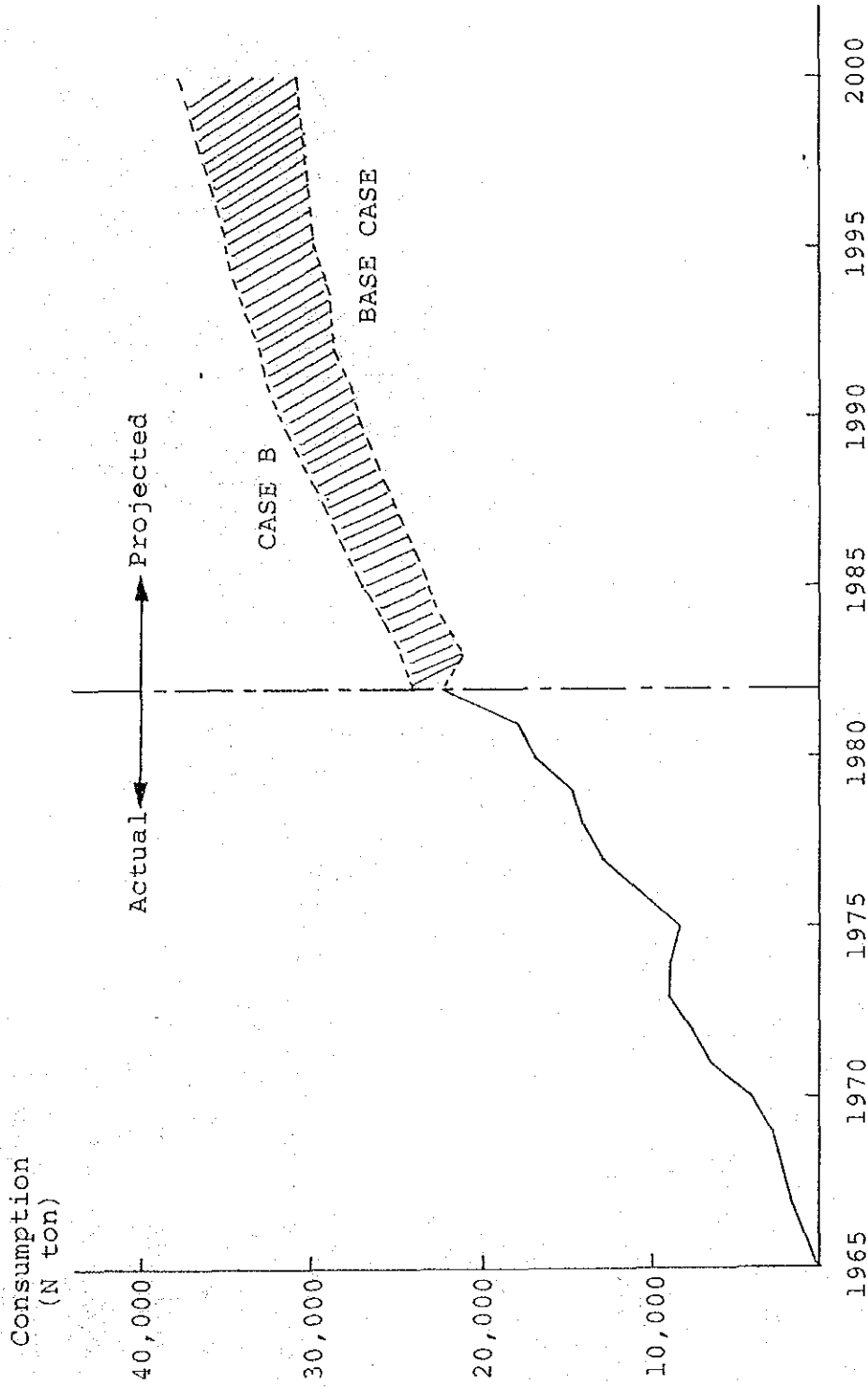
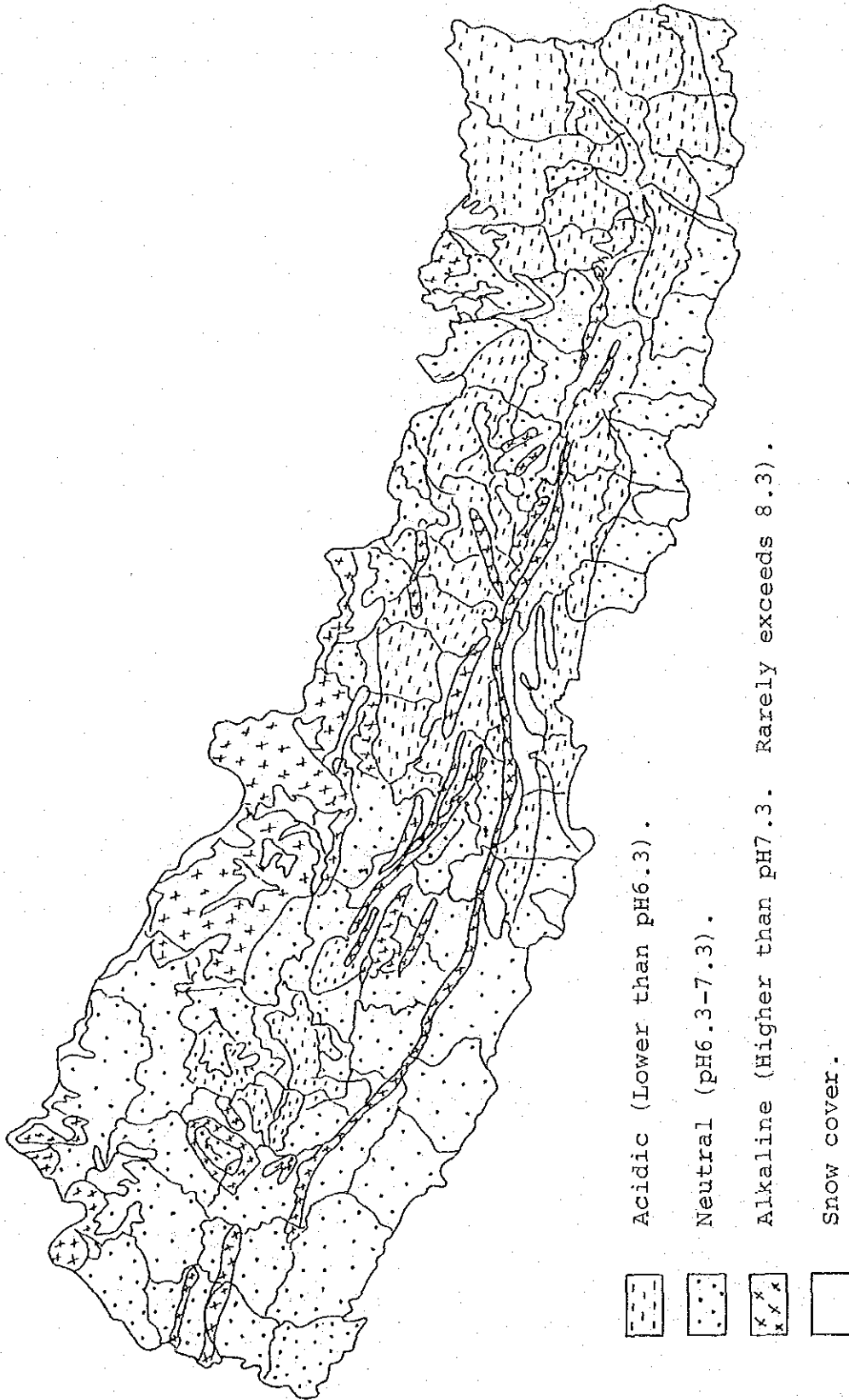


Figure 2-9 SOIL REACTION MAP OF NEPAL  
(Provincial)

1:5000000



Source: Division of Soil Science and Agricultural Chemicals,  
Department of Agriculture.



## 第 III 編

### 技術的諸問題の検討

第 1 章 序 論

第 2 章 電力の供給事情

第 3 章 炭酸ガスの供給源

第 4 章 尿素肥料工場の建設予定地

第 5 章 工場諸施設の概要

第 6 章 尿素肥料工場計画の実施および運営



## 第III編 技術的諸問題の検討

### 第1章 序論

本編においては、ネパール王国の尿素肥料工場建設計画の技術的諸問題についての解析、調査結果を詳論し、これらの調査結果を総合的に考察し、最終製品、工場立地、工場規模および工場建設時期の最適選定を行なうとともに、尿素肥料工場の概念設計を実施し、尿素肥料工場の建設および運営に関する実施スケジュール、設計、調達、建設の発注方式、要員計画などについての検討を行なった。

最終製品の選定にあたっては、第II編の市場調査の結果について議論したように、ネパール王国の窒素肥料のうち主要なものは尿素肥料である。尿素以外にも、硫安あるいは硝安などの需要が一部想定されるが、工場生産規模の経済性の点で複数の窒素肥料製品の並産を行なうことは現実的でない。ネパール王国に於ける最初の肥料工場の製品として、単一製品を選定する場合は尿素肥料を選定するのが妥当である。なお、1981年に実施された UNIDO の Feasibility Study の結論も、ネパールにおいて 100 TPD 規模の尿素肥料生産を勧告している。

尿素製造の一般的な方式は、炭化水素を原料とし、アンモニアプラントでアンモニアおよび炭酸ガスの両中間原料を並産し、尿素プラントに於いて両中間原料より尿素肥料を合成する方式である。しかるに、ネパール王国には商業規模の尿素肥料生産に供し得る石炭、石油、天然ガスあるいはバイオマスなどの、国産炭化水素資源の存在は報告されていない。唯一の可能性は、同国に豊富に賦存する水力資源電力による水電解水素を経由するアンモニア製造と、これと別個に炭酸ガス源を確保し、この両中間原料より尿素肥料を合成する方式である。したがって、ネパール王国の尿素肥料工場計画にあたっては、電力および炭酸ガス供給確保が技術検討の最重要検討課題であり、市場調査結果とともに尿素肥料工場規模選定の要因となる。

尿素肥料工場規模決定の要因として次のものが、検討されなければならない。



- (1) 工場完成時期
- (2) 尿素肥料市場規模
- (3) 電力供給性
- (4) 炭酸ガス供給性
- (5) 電力供給制限下の尿素肥料工場設備および操業の対応策

世界的に見て、現在建設中あるいは稼働状態にある尿素肥料工場の一般的傾向は、天然ガスを原料として一連規模 1,000 TPD ないし 1,750 TPD の大型工場が大勢を占め、製造コスト的には規模の経済性を最大限に追求していることである。これに対し、ネパール王国尿素肥料工場の原計画は工場規模 100 TPD であるが、計画の経済性を向上させるためには市場および原料（電力、炭酸ガス）条件許容範囲内で、最大の工場規模を選択することが望ましい。

ネパール王国の電力需給調査の結果によれば、電力の季節的および時間帯別の需給に著しい不均衡があり、尿素肥料工場への電力供給制約と、これに対応する尿素肥料工場の設備および操業パターンへの配慮が尿素肥料工場の最適規模選定の基礎になる。

一般的に尿素肥料工場の計画および建設には最低限度 5 年の年月を要するため、本調査の計画は 1989 年以降の時期を工場完成の目標とすることが妥当である。したがって、1989 年以降の尿素肥料市場性および電力供給性より工場規模を計算した結果は、Sapta Gandaki 水力発電所の完成に時期を合わせ、1991 年工場完成目標で 275 TPD 規模の尿素肥料工場を建設するのが最適であるとの結論に達した。

工場建設予定地の選定にあたって、炭酸ガスの供給性より Kathmandu 立地の Himal Cement Co., (PVT) Ltd., 隣接地および Hetauda 立地の Hetauda Cement Ind., Ltd., 隣接地の比較評価を行ない、Hetauda 立地が有利であり炭酸ガス供給性も良好であることが判明した。

このほかの技術検討には、次の事項に重点を置き調査した。

- (1) Hetauda に対する工場建設予定地の適性評価
- (2) セメント工場排ガスからの炭酸ガス供給性調査
- (3) 工場建設予定地の立地条件を加味した尿素肥料工場計画(生産品目、品質、設備能力)、工場配置、設計基礎、原料および用役収支、諸施設の概念設計、その他の技術上の必要諸条件の検討。特に、電力供給が制約条件となる水電解、アンモニア、炭酸ガス回収プラント

の最適設備および操業パターン解析

- (4) 工場建設計画の実施スケジュール、工場建設発註方式、工場の組織、配員、要員訓練計画、また、工場計画、建設、運転の各段階でのコンサルタントおよびアドバイザーの雇用の必要性検討。

以上の総合的判断の下に、Hetauda 立地での 275 TPD の尿素肥料工場を 1991 年に完成させる計画を策定し、財務分析および経済評価の基礎資料とした。

## 第2章 電力の供給事情

### 2-1 ネパール王国における電力供給の概況

#### 2-1-1 ネパール王国の電力供給システム

ネパール王国の電力供給はそのほとんどが公共事業によるが、一部の民間企業は自家発電設備を持っているところもある。1983年現在において公共事業により運営されている発電設備の総容量は、水力発電が約128 MW (84%) とディーゼル発電が約25 MW (16%) である。民間企業が有する発電設備は約12 MW で、そのうち約7 MW がディーゼル発電、5 MW がインドからの輸入石炭を使っている火力発電である。(表3-1 参照) このほか、1971年10月に締結されたネパール王国とインドの二国間協定により、インドとの国境地域では16地点で電力をインドから輸入する一方、一部の地区では逆にネパール王国からインドへ輸出している。1981/82年時において、インドからの輸入電力が57 GWh、インドへの輸出電力が5 GWh で、ネット輸入電力は52 GWh、すなわち総供給量の約19%をインドからの輸入電力に依存していることになる。

ネパール王国における電力開発は水資源省の責任管轄で、同省の電力局が発電所および送配電線の開発計画立案、並びに建設の任に当たっている。

公共電力供給事業の運営に当たっている電力会社は2社ある。その1社は、国営電力会社のネパール電力公社 (NEC) である。同社は1981/82年現在で、7ヶ所の水力発電所 (合計設備容量51.95 MW) と11ヶ所のディーゼル発電所 (合計設備容量21.27 MW) を管轄し、中部、東部および西部地区への電力供給を行なっている。同年における NEC の発電量は189.84 GWh (水力発電180.39 GWh、ディーゼル発電9.45 GWh) で、これはネパール王国における総発電量の約83%を占めている。もう1社は民営のプトワール電力会社 (BPC) で、同社は Butwal に1.2 MW の発電設備を持ち、電力局の行政下で同地区への電力供給を営んでいる。極西部地区への電力供給は、電力局が直接管轄している。

ネパール王国の電力系統は、中部地区を中心に整備されている。Kathmandu の南から Hetauda を経由しインド国境の Birgundj に延びる送電線を中心に、同地区内の回線網が連結している。Gandak (Sarajpur) 水力発電所からは、Bharatpur 経由 Hetauda まで132 KV 送

電線が延び、かつ上記系統に連結され、また、Bharatup-Pokhara 間には別の 132 KV 送電線が引かれており、これを以って中部地区と西部地区の系統を連結している。このほか、Hetauda と Biratnagar を結ぶ 132 KV 送電線の建設工事が進められており、この仕事は 1985/86 年までに完成の予定で、この送電線が完成すると、中部地区と東部地区の系統が連結されることになる。

電力局は、この工事に引続き極西部地区の Nepalgunj から Butwal 経由 Bharatpur を結ぶ送電線の建設工事計画を検討中で、この計画が実現すればネパール王国の主要地区を結ぶ総合グリッド・システムが確立される。ネパール王国全土の電力供給システムを図 3-1 に示す。

### 2-1-2 過去の電力需給推移

1970/71 年から 1981/82 年に至る 11 年間の電力需給記録を表 3-2 に示す。同期間中の電力需要増は年平均約 15 % の伸び率を示した。

しかし、各年の伸びは大幅に変動しており、1970/71 年から 1974/75 年までは毎年 20 % 以上の伸びを示したが、その後 1977/1978 年までの伸び率は年平均約 10 % に低下し、1977/78 年から 1980/81 年にかけての伸び率は更に低下した。ネパール王国の電力開発は需要に追いつけずこれまで常に供給不足の状態であったため、供給側の制約から需要の伸びが停滞したと見ることができる。しかし、1981/82 年には Kulekhani No.1 発電所の完成と Kathmandu 地域の配線網整備によって需要は前年比 20 % 以上の増加を示した。現在、電力供給にはまだ多少の余裕が見られるが、2～3 年後には再度供給不足になる可能性がある。

過去の電力需要パターンを見ると、その大半が家庭用電力で、総需要量の約 50 % 近くを占める。一方、工業用電力は約 30 % 程度にとどまる。残りの約 20 % は商業用、街路照明用、灌漑用等である。またロス率が非常に大きく、総供給量の約 30 % (総発電量の約 40 %) にのぼる。

ネパール王国における工業化の現状と将来の展望をみるに、将来ともこのパターンに大幅な変化はないものと予想される。

## 2-2 将来の供給展望

### 2-2-1 電力需要の将来見通し

ネパール王国における将来の電力需要については、ネパール王国政府電力局、アジア開発銀行、世界銀行等の手により予測が発表されているが、これ等の機関が行なった需要予測はいずれもほぼ同じ傾向を見込んでいる。本調査では、ネパール王国政府電力局が発表した需要予測を基に、ネパール王国における将来の電力需要を展望する。表3-3に示す予測によれば、1982/83年から1992/93年の10年間に年間電力需要は、284.9 GWhから1,299.4 GWhへと年平均伸び率16.4%による増加を見込む一方、ピーク需要は67.8 MWから293.1 MWへと年平均15.8%の伸びを見込み、したがって、平均負荷率は1982/83年時48%に対し1992/93年には約51%まで上昇すると見込んでいる。また1992/93年から2001/02年までの9年間については、電力需要の年平均伸び率11.1%、ピーク需要の年平均伸び率10.6%を見込み、負荷率は2001/02年には約53%に上昇すると見込んでいる。ただし、この需要予測には尿素肥料工場の電力需要は繰り込まれておらず、したがって、同工場の建設が実現すれば電力需要は更に増加する。(尿素肥料工場の電力需要については、2-4-1参照。)

### 2-2-2 今後の電力開発計画

表3-4は1988/89年までに完成が見込まれている電力開発計画と、1988/89年時における電力供給見込み量を示す。同表に示すように電力局は現在、Kulekhani No.2水力発電所(32 MW)とAndhikhola水力発電所(5 MW)の建設を進めており、またMarsyangdi水力発電所(66 MW)の建設に近く着手することが確定している。これら三つの発電所の完成により、1988/89年にはネパール王国の電力供給系統に組込まれる発電設備の総容量は254.76 MWに達し、年間1,181.50 GWhの電力供給が可能になる予定である。これらの建設計画に続き、Sapta Gandaki水力発電所(総容量225 MW)の建設が計画されている。この計画の資金調達については今のところまだ目途がついておらず、したがって実現の時期は未確定であるが、電力局はSapta Gandaki計画の完成目標を第1期1991/92年、第2期1992/93年、第3期1993/94年に置いている。

図3-2に将来の電力需給見通しをグラフに示した。このグラフは表3-3および表3-4に示した数値を基に、Sapta Gandaki計画の完成時期を計画目標どおりとして作成したものである。同グラフに示すように、1985/86年頃まで供給は需要増でほぼ見合うが、1986/87年から1987/

88年にかけて若干供給不足の状態になる事が予想される。その後 Marsyangdi 発電所の完成によって 1988/89 年以降電力事情は好転するが、Sapta Gandaki 発電所の建設が遅れると 1990/91 年以降、再度供給不足になると見込まれる。したがって、Sapta Gandaki 計画の実現は、尿素肥料工場実現の如何にかかわらず、将来におけるネパール王国の電力供給事情に大きく影響する。この予測で見込んだように、Sapta Gandaki 計画が 1991/92 年から 1993/94 年にかけて完成すれば、少なくとも 1995/96 年までは需要増に見合う電力供給が確保される見込みである。しかし、その後は再度供給不足が発生することが予想される。したがって、Sapta Gandaki 計画に続き、次々と発電計画が適確に進められない限り、ネパール王国の電力事情は供給不足の状態が慢性的に続くことは明らかである。

ネパール王国の持つ豊富な水資源を利用した大型水力発電計画の開発地点が多数あり、これまでの調査によって多くの開発可能性が発掘されている。したがって、これ等の計画が次々に実現すれば、需要増に見合う電力供給を維持できる潜在性は充分にある。しかしその実現のためには、詳細な計画調査と膨大な資金の手当てが必要であるため、実現が手間どる可能性も多分にあり、その場合は電力の安定供給が得られなくなる。いずれにしても、今のところ Sapta Gandaki 以降の具体的開発計画が固まっていないため、1990 年代の需給見通しを予測することは不可能である。しかし、大量の電力を消費する尿素肥料工場を存立せしめるためには、長期に亘る電力の安定供給保証が前提になるだけに、ネパール王国政府として将来の電力需給について確定的な見通しの上にならば、尿素肥料工場建設計画の推進を決定されるよう勧告する。

## 2-3 ネパール王国における負荷特性

### 2-3-1 負荷の季節変化とその影響

ネパール王国では 6 月より 9 月頃までの 4～5 ヶ月が雨期で、10 月より 5 月頃までの 7～8 ヶ月が乾期である。既設水力発電所のうち Kulekhani No. 1 発電所のみが貯水式 (storage) で、後の発電所はすべて流れ込式 (run-of-river) 発電所である。

現在建設中の 3 発電所 (Kulekhani No. 2, Andhi Khola, Marsyangdi) も Kulekhani No. 2 を除き流れ込み式であり、また Sapta Gandaki 発電所も同様である。したがって、Kulekhani No. 1 および No. 2 発電所以外の水力発電所では、雨期中の水を貯水し乾期に利用することが不可能なため乾期の水量が減少し、発電量が極度に減少する。一方、需要側では乾期は気温が低い事から、暖房用の電力消費が増加する。このような状況から、ネパール王国の電力事情は例年乾期 (特に 1～3 月) に逼迫する。表 3-5, 3-6, 3-7 は、このような需給の季節変動を繰

り込んで予測した将来の月別供給余力見通しである。また、図3-3は、前記予測をグラフに現したものである。この予測を基に1985/86年以降1993/94年までの月別供給余力を概括すると次のような状況が予想される。

- (1) 1985年から1986年前半までは年間を通して毎月供給余力があるが、月間余力量は最も多い月でも15GWhを程度である。
- (2) 1986年中期以降1988年前半までは設備容量自体が需要見込み量を下回るため年間を通じ供給余力はない。
- (3) 1988年後半にはMarsyangdi発電所が完成し設備容量に余力が出るため1988年7月後半から11月前半までの4ヶ月間と1989年5月後半から8月前半に至る3ヶ月間は毎月23~37GWhの供給余力が有るが1988年11月後半から1989年5月前半に至る6ヶ月間は、月間供給余力が20GWh以下に低下し、特に1月後半から4月前半にかけては月10GWh以下の供給余力しかなくなると予想される。
- (4) 1989年中期以降1991年前半にかけては需要が増加するにもかかわらず設備容量は増加しないため、供給余力は年間を通じ低下すると見込まれる。この期間において月間供給余力が20GWh以上になる月は1989年7月及び8月の2ヶ月間と1990年5、6、7月の3ヶ月である。
- (5) 1991年中期にSapta Gandaki No.1が完成し、引き続きNo.2が1992年、No.3が1993年に完成するとすれば、1991年中期以降供給余力は大幅に増加する。1991年7、8月は月間供給余力は60~70GWhとなり、その後9、10月が約50GWhまた11、12月が30~40GWhの供給余力となる。1992年1~3月の月間供給余力は20~30GWhに低下するが、4月には約46GWhに増加し、更に5月以降末までは60~110GWhの月間供給余力となる。1993年1~3月は月間供給余力が30~47GWhに推移するが、4月以降は毎月約70~160GWhの供給余力となる。1994年も1993年とほぼ同様の状況が見込まれる。1995年以降は、Sapta Gandakiにつづく開発計画の実現如何によって変わってくるが、もし後続開発計画の実現がおくれれば、供給余力は年々低下する。もし後続計画が当分実現しないとすれば、1995年は1~3月および12月、1996年および1997年は1~4月と12月、1998年および1999年は1~4月と11、12月に供給余力がなくなる。その他の月はほぼ60GWh以上の月間供給余力があるが、1999年以降は年々低下する。このような状況をみるに、前にも述べたように、電力の安定供給を確保するためには、Sapta Gandaki計画の確定とともに、その後の後続計画について実現の保証が必至となる。

---

(注1) ディーゼル発電所からの供給電力は含んでいないが、公共ディーゼル発電所の設備容量は13MWで、もしディーゼル発電所が稼働されれば月間約7.9GWhの供給増となる。

## 2-3-2 時間帯によるロード変化

前節に述べたようにネパール王国の電力負荷は季節によって大幅な変化がみられるが、更に1日の負荷も時間帯によって大幅に変化する。

現在の日負荷曲線の代表例として1983年7月(雨季)および、12月(乾季)の二例を図3-4に示す。

これらの図から明らかなように、ピークが午前6~10時の時間帯と午後4~10時の時間帯にあるが、ピーク時の負荷と非ピーク時の負荷には極端な差異があり、1日の最大負荷に対する平均負荷の比率は50~60%である。このような現象は、前にも述べたようにネパール王国の電力需要の中で家庭用需要が大きな割合を占めるため、家庭で電力を多く消費する朝の時間帯と、夕方から夜にかけての時間帯に負荷が集中することに帰因する。このような日負荷変化は年間を通じて共通の傾向であるが、乾季(12月)に於ける日負荷変化は他の季節に比べ相対的に高い。この現象はすでに述べたように、乾期に気温が低くなるため暖房用電力需要が加わることに因る。

## 2-4 本計画に対する電力供給上の問題点とその対策

### 2-4-1 電力供給可能性についての見通し

本調査において検討される尿素肥料工場の電力消費量は、建設される工場の規模によって異なるが、日産規模が100、200および300 TPDの場合を例にとれば、次のとおりとなる。

| 尿素日産規模<br>(TPD) | 1時間当りの電力消費量<br>(MWh) | 1日(24時間)当りの電力消費量<br>(MWh) | 1月(30日)当りの電力消費量<br>(GWh) |
|-----------------|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| 100             | 27.68                | 664.2                     | 19.93                    |
| 200             | 55.35                | 1,328.4                   | 39.85                    |
| 300             | 83.03                | 1,992.6                   | 59.78                    |

(注) 尿素生産量1トン当りの電力消費量は6,642 kWhとする。

ネパール王国で計画されている尿素肥料工場を構成するプロセス・ユニットは、(i)水電解水素発生装置、(ii)窒素発生装置、(iii)炭酸ガス回収装置、(iv)アンモニア合成プラント、(v)尿素製造プラント、の5部門より成るが、その中核となるアンモニア合成プラントと尿素製造プラント



トは、運転を停止するためには細密な手順が必要であると共に、一旦運転を停止するとスタート・アップに時間がかかるため、生産効率を極度に低下せしめる。また、頻繁に運転を停止するとプラント内に充填された触媒の寿命を短縮し、かつ、プラント機器に損傷を与える結果になる。このような理由からこれ等のプラントは昼夜連続操業を前提とする。従って、安定操業を維持するためには十分な電力が年間を通じ安定供給されることが必要になる。また、尿素肥料工場は化学反応装置であるため多額の設備投資を要し、生産費中に占める資本関連費用の割合が大きいため、操業度の低下は直ちに生産費の大幅上昇につながる。主原料となる水素源を水電解に求めるだけに、充分なる電力供給可能性の長期保証が本計画存立の鍵になる。しかるに、ネパール王国の電力供給見通しはこれまでに述べたように楽観視出来ない要素が多分にある。結論として、本計画に対する供給可能性は次の通りである。（一応、ディーゼル発電所からの電力供給は量が微少のため考慮に入れていない。）

- (1) Marsyangdi 発電所が完成しても、尿素肥料工場に供給出来る余剰電力はなく、従って、Sapta Gandaki 計画の完成を見込んで本計画の推進を考える必要がある。しかし、Sapta Gandaki 計画が完成しても、これに続く後続計画が次々に実現しない限り、尿素工場規模の如何を問わず、Sapta Gandaki No. 3 の稼動開始後 4 年目、すなわち 1997/98 年から供給余力は再度逼迫すると見込まれる。（表 3-8 参照）かくて 1991/92 年における Sapta Gandaki No. 1 の完成につづき、1992/93 年 No. 2, 1993/94 年 No. 3 の完成、更には次の後続計画が 1996/97 年に完成し、その後の計画も適確な時期に実現されることの保証があって、始めて尿素肥料工場への電力供給が確保される。（なお、表 3-8 にはディーゼル発電所の電力供給は含まれていない。）
- (2) 上記の条件が満たされても、ネパール王国では年間を通じてフル操業出来るだけの余剰電力を確保することは不可能である。これは既存水力発電所の大半が流れ込式であるため雨期と乾期では発電余力に大幅な差異が発生するという特性に鑑み、もし乾期にも充分な電力を尿素工場に供給できるだけの供給余力を持つためには多額の投資を要する貯水式発電所の建設を進めるか、または大幅な設備余力を持つ流れ込式発電所を建設せざるを得なくなるが、需要面の制約からこのような発電所の建設は今後共期待できないため、上記のような供給余力の季節変動は恒久的に続くと思えるを得ない。
- (3) 加えて時間帯による日負荷変動は将来に亘り続くものと見込まれる。既述のとおり、ネパール王国の電力需要は家庭用需要が大きな割合を占め、また工業用需要の場合も大半の工場が昼間操業であるため、ピーク時とオフピーク時（特に深夜時）との負荷変動が大きい

が、尿素肥料工場のように昼夜連続操業を行う工場が多くなる見込みは少なく、従って、現在の日負荷変動パターンは将来も変わらないと見る必要がある。

#### 2-4-2 尿素肥料工場を安定操業するための対応策

前節にて論じた電力供給に関する制約要因は言わばネパール王国にとって先天的な問題である。将来における十分な電力供給余力の確保については、これまでに再三強調したように将来における発電計画の開発に依存せざるを得ないため、ネパール王国政府としての決断にかかっている。しかし、かかる保証が得られたとしても、供給余力の乾期における逼迫と毎日のピーク時における逼迫は避け得ず、この二つの制約要因を前提として、このような条件下で最大限の安定操業を維持し得る計画内容の検討が重要である。具体的対応策としては、次の二代替案が考えられる。

- (1) 或る規模の自家発電所を工場内に持ち、公共電力の供給が不足する場合、当該発電所からの電力供給によって補完する。
- (2) 尿素肥料工場における電力消費の大半を占める水電解水素発生装置は断続操業を行っても問題がないため当該装置の能力並びに水素貯蔵設備の能力に余裕を持ち、水素装置の運転は毎日のオフピーク時のみに限定するかわり、余剰の水素を生産・貯蔵し、ピーク時にもこの貯蔵水素を使ってアンモニアプラント及び尿素プラントの運転を継続できるようにする。

しかし、このように水素装置の設備余力を持っても乾期に入り、全体に電力供給余力が逼迫する時期は、尿素工場全体の運転を停止せざるを得ない。一般に尿素工場のような化学プラントは、一年に一回定期修理のため一定期間全工場の運転を停止する。通常の定期修理期間は 35 日間であるが、電力供給余力が最も逼迫する時期に合わせて定期修理を行うよう年間操業条件を設定し、電力事情に応じてその前後の期間操業を停止することを予め考慮してプラントの規模を決定するとともに、ロード・ダウンによる運転が可能なような設備設計を行う。

本調査では、上記のような考慮を加えた上で、最適な工場設備の概念設計を行い、ピーク時の電力消費増を避け余剰電力を利用した操業を計画の基本とするが、このような工場設計が通常の設備に比べ過剰投資になることは避けられない。しかし、ネパール王国のように特種条件下で尿素肥料工場を建設しようとするれば、そのような過剰投資はやむを得ないものと判断され

る。供給が逼迫する乾期にディーゼル発電所を稼働し、その電力を尿素工場に優先供給すれば、電力供給が不足する場合に若干は救済出来るが、尿素工場の安定操業を確保するにはほど遠い。

## 第3章 炭酸ガスの供給源

### 3-1 概 論

ネパール王国の尿素肥料工場はアンモニアおよび炭酸ガスを中間原料として尿素を製造する標準的プロセスを採用するが、その前工程のアンモニア製造は炭化水素を原料としてアンモニアと同時に高純度の炭酸ガスを副生する標準的なプロセスではなく、水の電気分解による水素を使用する特殊なプロセスを使用することになるため、炭酸ガスの供給源を別個に求めることが必要となる。

尿素肥料製造のためには、低コスト、高純度の炭酸ガスの長期安定供給が必須条件である。尿素製造の炭酸ガス原単位は 0.75 Ton/Ton—尿素であるので、275 TPD 能力の尿素肥料工場を建設するためには 207 TPD の炭酸ガスの供給源を確保することが必要である。

ネパール国内では炭酸ガスの供給源として工業的に利用可能なものはセメント工場の排ガス中に含まれる低濃度炭酸ガスに限定される。セメント工場としては Kathmandu の Chobar にある Himel Cement Co., (PVT) Ltd., (HCC) の小型セメント工場および、Hetauda に建設中の Hetauda Cement Industries Ltd., (HCI) の中型セメント工場の 2 箇所がある。

セメント工場排ガスには、セメント原料の石灰石の熱分解により発生する炭酸ガスおよび燃料の燃焼により生成する炭酸ガスが含まれ、その濃度は約 20 % であるため、この排ガスから熱炭酸カリ溶液あるいは有機アミン溶液による吸収法により炭酸ガスを回収することは技術的には可能であるが、炭酸ガス濃度が低いこと、同伴ダスト濃度が高いこと、残留酸素濃度が高いこと、セメント工場の操業条件により排ガス供給条件の変動があること、また炭酸ガス回収のため水蒸気使用量が大きいことなどの理由により一般的には経済的な炭酸ガスの供給源ではない。また、セメント工場排ガスより炭酸ガスを回収する商業規模の尿素肥料工場の実績は報告されていない。

しかしながら、ネパールでは炭酸ガスの供給源としてはセメント工場排ガスのみが工業的に利用可能であるので、HCC および HCI の排ガスにつき技術的調査を行ない、両者の比較評価および尿素肥料工場の炭酸ガス供給源としての問題点を解明した。

### 3-2 Himal Cement の排ガス利用可能性

HCC のセメント工場は Kathmandu の南方 6.0 km の Chobar にあり、Bagmati 川の西岸に位置する。

セメント工場能力はクリンカー能力で 160 TPD、プロセス的には Black Meal Shaft Kiln 法が採用されている。工場の完成は 1976 年で、既に 8 年の操業実績があるが、現在の操業水準は 124.4 TPD (クリンカー) あるいは 132 TPD (セメント包装製品) と判断される。

HCC のセメント工場の炭酸ガス供給に関する標準原単位は次の通りである。

#### HIMAL CEMENT CO., (PVT) LTD. セメント製造原単位

| 原 料  | 仕 様, %   | 原単位, 乾基準<br>(TPT-クリンカー) |
|------|--|-------------------------|
| 石灰石  | CaO : 45.5      CO <sub>2</sub> : 37.9                             | 1.350                   |
| 粘 土  | SiO <sub>2</sub> : 58.9      Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 20.5 | 0.125                   |
| 燃 料  |  |                         |
| コークス | C : 64.1      H : 0.2  | 0.095                   |
| 石炭   | C : 71.6      H : 2.3  | 0.095                   |
| 空 気  |  | 3.120                   |
|      |  | 合計 4.785                |

したがって、HCC の炭酸ガス発生理論量は 0.95 TPT-クリンカーとなり、この回収率を 90 % と仮定すると、炭酸ガスの供給量は 106.4 TPD となり尿素肥料換算で 142 TPD となる。一方 HCC の排ガス組成分析の結果は排ガス中の炭酸ガス濃度が低いばかりでなく、かなりの量の一酸化ガスが含まれていることが確認されており、燃焼効率の低下、炭酸ガスの損失および炭酸ガス回収工程での爆発の危険性のある点などの理由により、275 TPD 能力の炭酸ガスの供給源としては品質的にも量的にも不十分と判断される。

セメント工場排ガスは 33.5 m の高さ、1.4 mD のダクトより大気に放出されて居り、その組成は次の通りである。

HIMAL CEMENT Co., (PVT) LTD. 排ガス条件

| 成 分                           | 分析値, Volume %<br>(湿容量基準) | 分析値, Weight %<br>(湿重量基準) |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| セメント工場排ガス組成                   |                          |                          |
| 一酸化炭素                         | 2.27                     | 2.16                     |
| 窒 素                           | 61.35                    | 58.25                    |
| 酸 素                           | 9.51                     | 10.40                    |
| 炭酸ガス                          | 13.70                    | 20.63                    |
| NOx                           | 50 ppm                   | 51 ppm                   |
| SOx                           | 5 ppm                    | 8 ppm                    |
| ダスト                           | 4 g/Nm <sup>3</sup>      | 0.31                     |
| 水 分                           | 13.19                    | 8.12                     |
|                               | 合計 100.00                | 合計 100.00                |
| 排ガス発生量<br>(クリンカー 1.0 Ton に対し) |                          |                          |
|                               | 3,123 Nm <sup>3</sup>    | 4.077 Ton                |
| 排ガス条件                         |                          |                          |
| 温度, °C                        | 120                      | 120                      |
| 圧力, ata                       | 0.859                    | 0.859                    |
| 流速, m/sec                     | 5.7                      | 5.7                      |
| 排出点高さ, m                      | 33.5                     | 33.5                     |

なお、HCC では現設の 160 TPD 能力の工場に隣接し、更に 240 TPD 能力のセメント工場一  
系列を新設する計画である。プロセス的には現在の Black Meal Shaft Kiln 法が採用されるた  
め、排ガス条件は現状と変化ないと推定される。この工場は 1986 年に完成予定であるので、1986  
年以降は炭酸ガス供給条件は量的には 2.5 倍となり、355 TPD 能力の尿素肥料工場をまかなう  
炭酸ガスの供給源となるが、品質的には改善の余地は少ない。

HCC の排ガスの詳細な解析結果は、付録 III-1 に示した。

### 3-3 Hetauda Cement の排ガス利用可能性

HCI のセメント工場は Hetauda 郊外の Chaudaghare の Kukhureni 川東岸、Karra 川の南  
岸で Lamsure 丘の西側に建設中である。

セメント工場の能力はクリンカー能力で 750 TPD, プロセスは Suspension Pre-Heater Dry Rotary Kiln 方法で 1984 年 12 月に完成し, 1985 年より稼動予定である。操業率は初年度は 70 %, 2 年次 80 %, 3 年次以降は 90 % と期待されている。

HCI は未稼動で原料仕様については未確定であるため, 排ガス条件は確定出来ない。想定される標準原単位は次の通りである。

HETAUDA CEMENT IND., LTD. セメント製造原単位

| 原 料 | 仕 様, %   | 原単位, 乾基準<br>(TPT-クリンカー) |
|-----|--|-------------------------|
| 石灰石 | CaO : 44.7      CO <sub>2</sub> : 36.5                           | 1.438                   |
| 粘 土 | SiO <sub>2</sub> : 59.5    Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 19.0 | 0.087                   |
| 鉄鉱石 | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 89.3    SiO <sub>2</sub> : 4.6  | 0.008                   |
| 燃 料 |  |                         |
| 重油  | C : 85.0      H : 11.0   | 0.0268                  |
| 石炭  | C : 70.0      H : 5.2  | 0.0833                  |
| 空 気 |  | 2.213                   |
|     |  | 合計 3.886                |

したがって, HCI の炭酸ガス発生理論量は 0.82 TPT-クリンカーとなる。この回収率を 90 % と仮定すると, 炭酸ガスの供給量は 553.5 TPD となり, 尿素肥料換算で 738 TPD となる。この量は 275 TPD 能力の尿素工場所要炭酸ガスの 2.68 倍であり, 量的には充分なる炭酸ガスの供給源であると判断される。

セメント工場排ガスは電気集塵器より煙突を通じ大気に排出されるので, 尿素肥料工場に供給する排ガスは電気集塵器出口より採取することが望ましい。

HCIの排ガス組成は次の通りと推定される。

HETAUDA CEMENT IND., LTD. 排ガス条件

| 成 分                           | 分析値, Volume %<br>(湿容量基準) | 分析値, Weight %<br>(湿重量基準) |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| セメント工場排ガス組成                   |                          |                          |
| 一酸化炭素                         | 0.10                     | 0.10                     |
| 窒 素                           | 59.72                    | 56.11                    |
| 酸 素                           | 7.43                     | 8.00                     |
| 炭酸ガス                          | 18.42                    | 27.16                    |
| NOx                           | 150 ppm                  | 155 ppm                  |
| SOx                           | 50 ppm                   | 80 ppm                   |
| ダスト                           | 0.1 g/Nm <sup>3</sup>    | 0.007                    |
| 水 分                           | 14.42                    | 8.72                     |
|                               | 合計 100.00                | 合計 100.00                |
| 排ガス発生量<br>(クリンカー 1.0 Ton に対し) |                          |                          |
|                               | 2,274 Nm <sup>3</sup>    | 3.026 Ton                |
| 排ガス条件                         |                          |                          |
| 温度, °C                        | 113                      | 113                      |
| 圧力, atc                       | 0.947                    | 0.947                    |
| 流速, m/sec                     | 15.0                     | 15.0                     |
| 排出点高さ, m (推定)                 | 10.0                     | 10.0                     |

HCIの排ガスは、HCCに比較し量的にも品質的にも尿素肥料工場用炭酸ガス供給源として優れていると云える。HCIは操業実績がないこと、また使用燃料、使用石灰石および操業方法については未確定であり、尿素肥料工場建設計画を進めるにあたり、HCI工場の操業状況を見極めながら設計条件を確定することが重要である。

HCIの推定排ガス条件の詳細を、付録III-1に示した。



### 3-4 結 論

ネパール王国の尿素肥料工場が水電解水素原料に依存する場合の炭酸ガス供給源とし、HCC および HCl の両セメント工場排ガスを比較評価した結果は、Hetauda 立地の HCl の方が排ガスの品質および量の両面で優れた条件にあると結論される。

HCC は既に稼働実績を有する利点はあるが、セメント製造プロセスと燃料仕様の特殊性より排ガス品質面での条件は悪い。量的には増設が完了する 1986 年以降は、275 TPD 能力の尿素工場に十分な量の炭酸ガスの供給は可能であるが、品質的に改善の余地は少ない。

HCl は 1985 年稼働予定で操業初期の工程安全性に不安はあるが、尿素工場の稼働予定の 1991 年までに安定化するものと期待される。この間に HCl の操業状況を充分調査し、肥料工場の設計および操業計画を検討することが重要である。

なお、セメント工場の操業性が尿素肥料工場の操業性に重大な影響を及ぼすため、両工場は双方の生産、操業を統合的に配慮して運営されなければならない。一般的にセメント工場の停止は 8 ヶ月に一度セメントキルンの煉瓦補修のため、20 日間の定期修理を実施するとともに、小補修として 2 ヶ月に一度の割合で 3 日間の定期停止を行なう。この場合、セメントおよび尿素肥料工場の停止期間を同調させて、年間の総合操業率を上げる施策が取られなければならない。また、不定期停止は 10 日間に一度程度の頻度で 4 時間程度の操業停止があるが、この場合の尿素肥料工場は停止することのないよう、炭酸ガスの貯蔵を行なっておくとともに、尿素肥料工場の操業度を低下させ、連続操業を維持するよう設備上の配慮が必要である。また、尿素肥料工場の炭酸ガス回収プロセスは、熱量（水蒸気）使用量の小さいプロセスが採用されなければならない。

HCC および HCl の詳細な排ガス供給条件を付録 III-1 に示したが、定性的な比較評価を表 3-9 に示した。

## 第4章 尿素肥料工場の建設予定地

### 4-1 概論

尿素肥料製造の中間原料としてアンモニアおよび炭酸ガスの二つがあり、この両中間原料の供給性が尿素肥料工場の建設予定地選定の最も重要な基準である。

特にネパールに於ける尿素肥料製造は、アンモニアを水の電気分解による水素製造に依存し、また炭酸ガスはセメント工場排ガス中に含まれる炭酸ガスの回収に依存することになるため、尿素肥料工場の建設予定地は、セメント工場隣接地に限定されることになる。

ネパールには現在稼働中の小規模セメント工場が一個所あり、また現在、建設段階で1984年に完成し、1985年に稼働予定の中規模セメント工場が一個所、合計2工場がある。したがってこの両セメント工場の隣接地につき、尿素肥料工場の立地条件を調査し、その比較検討結果より尿素肥料工場建設予定地を、選定することとした。

工場建設予定地選定にあたっては、炭酸ガスの供給性ととも、工業用水供給性、電力供給性、尿素肥料工場の大型機器輸送搬入の難易、工業用地の地形および土質条件、インフラストラクチャーの整備および製品の尿素肥料の市場への物流費などについても、総合的に検討した。

炭酸ガスの供給性については、既に第III編第3章に詳しく比較した様に、Hetauda立地のHetauda Cement Industries, Ltd. (HCI) がKathmandu立地のHimal Cement Co., (PVT) Ltd. (HCC) より格段に優れて居ることが判明しているため、第4章では、工場建設予定地についてHetaudaを重点的に調査し、尿素肥料工場地として重大な障害のないことを確認し、工場設計条件を明確にするよう努めた。

## 4-2 代替候補地の概況

### 4-2-1 Chobar, Kathmandu (Himal Cement 隣接地)

HCC は Kathmandu 市より南方約 6 km の Chobar に位置し、Bagmati 川と Dakkhin Kali 寺院に至る国道にはさまれた、狭隘な平地にある。HCC は 160 TPD 能力の小型セメント工場である。

尿素肥料工場予定地として利用可能な用地は、現設セメント工場の南側隣接地で国道、Bagmati 川およびセメント工場に囲まれた 150 m × 300 m の長方形のゆるやかな傾斜地である。この予定地は現在、HCI の運動場および水田として使用されて居り、中央部に Bagmati 川へ流れこむ小川があるほか、小規模な煉瓦工場がある。

標高は 1,260 m で大気圧は 0.859 ata である。予定地の南西部は国道に接しているが、急勾配で約 10 m 高くなって居り、工場用地造成後も利用可能な面積はかなり削減されることになる。工場用地としては 30,000 m<sup>2</sup> 面積確保が一応の限界であり、尿素工場としては 100 TPD 能力程度が限度と判断され、本調査の 275 TPD 能力の工場建設用地としては不適當である。

HCC の近辺には Chobar の市街、HCI の社宅、小規模煉瓦工場、石灰工場および、じゅうたん工場がある。土質は粘土質であるが、許容地耐力は 20 トン/m<sup>2</sup> と良好である。岩盤は甚だ深く杭基礎の設計は行なわれていない。HCC 工場位置を示す Kathmandu、および Chobar の地図を図 3-5 および図 3-6 に示す。

Kathmandu 地区の気象条件は、年間最高気温 32°C (4 月)、最低気温(一) 1°C (1 月)、また年間降雨量は 1,341 mm である。雨季は 6 月から 9 月、乾季は 10 月から 2 月にかけて観察される。

工業用水は Bagmati 川より採取可能ではあるが、乾季の流量の低下と Kathmandu 市の下水による水質汚染のため条件は良いとは言えない。

### 4-2-2 Hetauda (Hetauda Cement 隣接地)

HCI は Kathmandu の南方 42 km で、インドとの国境の Birganj の北方 60 km の Hetauda

に、750 TPD セメント工場を建設中である。

HCI は Hetauda の市街地より南西 4 km の Kukhureni 川の東岸で、Birganji 国道の西側に位置する。標高は 455 m、熱帯多雨地帯にある。HCI は Kukhureni 川と小高い粘土丘にはさまれ南北に長く、北へ 3% の下り勾配を示す平地に 600,000 m<sup>2</sup> の工場用地を確保している。

尿素肥料工場予定地としては、HCI の隣接地に 2～3 ケ所の利用可能地があるが、最も適しているのは HCI の西側で、Kukhureni 川の東側の用地であると判断された。この用地は現在水田として耕作されて居り、約 25 軒の小規模農家が点在して居る。河川に隣接しているが、農家に於ける事情聴取によれば、過去に河川の氾濫の経験は無いとのことであった。洪水対策の必要性については、工場建設決定以前に詳細調査検討を行なうのが安全である。

土質については、玉石混りの砂地層で、許容地耐力は 30～60 トン/m<sup>2</sup> の良質地盤であり、275 TPD 能力の尿素肥料工場に必要な用地面積 100,000 m<sup>2</sup> (500 m×200 m) は充分確保可能である。

Hetauda は人口 60,000 の都市で、Tarai 地区の農業、工業および交通の中心地であり、Rapti, Karra および Kukhureni 川の三河川の合流地でもあり、用水供給は豊富である。電力供給については Kulekhani 水力発電所にも近い。

Hetauda はネパール最大の工場である HCI を有するのみならず、同地にある Hetauda Industrial District はネパール最大の工場団地であり、インフラストラクチャーの整備も進展している。Hetauda Industrial District は 132 ヘクタールの用地に 23 工場があり、4,200 名の工場従業員が働いている。

Hetauda 地区の気象条件は、年間最高気温が 39°C (4 月)、最低気温 3°C (1 月)、また年間降雨量は 1,948 mm である。雨季は 3 月より 9 月、また乾季は 11 月より 2 月にかけて観察される。

Hetauda 地区の一般地図を図 3-7 に示した。

## 4-3 代替候補地の比較検討と工場予定地の選定

### 4-3-1 比較評価の基準

尿素肥料工場予定地は尿素製造用原料の炭酸ガスの供給性より、Kathmandu の HCC あるいは Hetauda の HCI のセメント工場隣接地の 2 箇所に限定される。工場予定地選定にあたり考慮すべき主要基準は、下記の通りである。

- (1) 尿素肥料製造の中間原料アンモニア製造のための水電解水素製造用の低コスト電力が長期間安定的に供給されること。
- (2) 尿素肥料製造の中間原料炭酸ガス回収のため良質、低コストのセメント工場排ガスが長期間安定的に供給されること。
- (3) 水電解用工業用水および冷却水補給用の用水が長期間安定的に供給されること。
- (4) 工場用地として、平坦で地耐力の大きい敷地が確保されること。
- (5) 工場建設に際して、機器および資材の輸送および搬入が容易であること。
- (6) 製品の尿素肥料をネパール国内の主要市場へ出荷するための運輸インフラストラクチャが整備されていること。
- (7) 工場建設期間および工場完成後の運営、製造、保全のために要員の住居などの生活環境が整備されていること。

### 4-3-2 主要要因についての比較評価

尿素肥料工場が代替候補地である Hetauda および Kathmandu において、主要要因の比較評価について概説する。なお、技術的に詳細な評価結果は各章に纏められて居るので、ここには重複を避け要点のみの説明にとめた。

#### (1) 電力供給性

電力の需給および価格については第 2 章に詳論した。尿素肥料工場建設に伴う所要送電設備については、工場予定地からの送電幹線までの距離は Hetauda が 0.6 km、Kathmandu は 8.0 km で、Hetauda 立地が有利である。また Kathmandu は大都市で電力需要が集中して居り、Hetauda 地区の方が電力供給外乱要因は少ない。

## (2) 炭酸ガス供給性

HCC および HCI のセメント工場排ガス供給については分析・調査した結果は、品質、量および安定性において Hetauda 立地の HCI が優れていることが判明している。HCI の唯一の欠点は、工場が未完成で排ガス供給の実績がないことである。しかし HCI 工場は、1985 年に完成し稼動予定であるので、尿素肥料工場完成予定の 1991 年までには 6 年間の期間があり、この間に操業も安定化することが期待される。

一方 HCC は 1986 年には増設計画が完了し 2 系例の工場より排ガスを得ることが出来るようになり、供給の安定性は向上するが、排ガスの品質および量的な面では HCI に劣ることは明確である。なお、HCI のセメント工場は未完成のため燃料条件など不確定要素があり、稼動後にセメント工場操業条件につき技術的調査を実施し、尿素肥料工場設計条件の再確認が必要である。

## (3) 工業用水供給性

Kathmandu 立地の場合は Bagmati 川より、また Hetauda 立地の場合は Kukhureni 川およびその河床井戸より採水することになるが、品質、数量とも Hetauda 立地が優れている。なお Hetauda は Kukhureni 川以外に Karra および Rapti 川の合流地のため、地下水の水位が高く、良質な用水の入手は容易である。

## (4) 土質条件と用地面積の確保

Kathmandu および Hetauda ともに地耐力は充分高いが、Kathmandu では尿素肥料工場用地として充分なる面積を確保することは出来ず、この点でも Hetauda の方が条件は優れている。

## (5) 機器および資材の輸入および搬入

ネパール国内は一般に道路の整備が遅れている。尿素肥料工場建設に要する機器は、インドの Calcutta 港経由で道路輸送により工場建設予定地に運ばれることになるが、Calcutta から Kathmandu までの輸送距離は 1,150 km、また Hetauda までは 860 km あり、橋梁の重量制限は Kathmandu で 8 トン、また Hetauda で 20 トンである。乾季には橋梁を利用せず河床を通れるため、重量制限は緩和される。

インドおよびネパール国内の運輸ルートの概要を図 3-8 に示す。Hetauda へは、インド国境の Birganj あるいは Bairawa 経由の道路輸送が最も経済的である。なお、機器輸送の重量、長さ制限の実情については、付録 III-2 に示した。

#### (6) 製品物流

Hetauda は、尿素肥料需要の大きい Tarai の中心地であるとともに、East-West Highway および Kathmandu-Birganj Highway の交叉点であり、更に、Kathmandu-Hetauda の Ropeway の起点ともなっており、製品物流面では Kathmandu に比較し有利な条件を備えている。

#### (7) インフラストラクチャー

Kathmandu 地区は、人口 400,000 の大都市である。生活環境およびインフラストラクチャーは最も整備されている。また Hetauda は Hetauda Industrial District あるいは HCI があり、インフラストラクチャーの整備が進んでいる。この点については、両工場建設予定地の比較評価の結果、ほぼ同等と判断される。

### 4-3-3 結 論

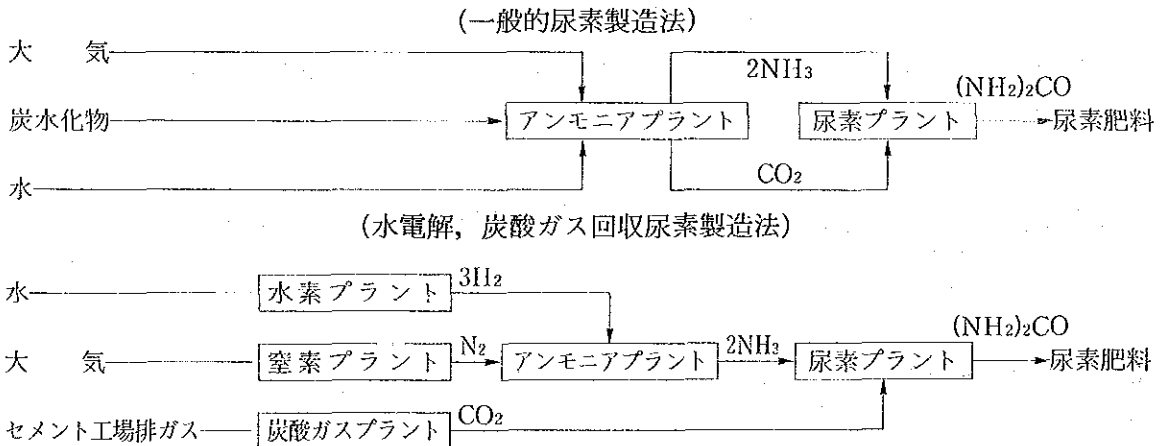
尿素肥料工場建設予定地について Kathmandu, Chobar の HCC の隣接地、および Hetauda の HCI の隣接地の 2 箇所につき各種要因を比較評価した結果では、Hetauda 立地が総ての面で有利であるとの結論を得た。主要比較要因とその判定評価を、表 3-10 に示す。

## 第5章 工場諸施設の概要

### 5-1 概 論

ネパール王国の尿素肥料工場は、市場、電力、炭酸ガス供給調査の結果より、日産能力 275 TPD の尿素工場を Hetauda に建設することが最も適していると判断された。

この尿素肥料工場は、現在世界各地で行なわれている一般的尿素製造法である炭化水素原料からのアンモニア、および炭酸ガスを反応させて尿素を合成する方法に対し、水の電気分解による水素と空気の深冷分離による窒素から製造するアンモニア、およびセメント工場排ガスから回収する炭酸ガスを反応させて尿素を合成する方法を採用することになる。両者の相違点を次に図式的に示す。個々のプロセスについては、世界的に実施例は多いが、水の電気分解による水素とセメント工場排ガスからの炭酸ガスを主原料とする全工程を、一工場で実施する尿素の商業的製造の実績は報告されていない。



本計画の尿素製造の主要原料および用役は次の7項に亘るが、このうち用水および大気は、尿素肥料工場内で供給されることになる。

- (1) 用水
- (2) 電力
- (3) 燃料用石炭
- (4) 大気



- (5) セメント工場排ガス
- (6) 肥料袋
- (7) 化学薬品および触媒

尿素肥料工場は、上記のインプットにより唯一のアウトプットとして尿素を生産するもので、これに必要な諸施設の概念設計を行なった。なお、尿素製品とともに副産の酸素ガスがあるが、現状では、市場は見い出せないので大気に放出する。また尿素工場の排水は充分なる排水処理を行ない、環境への影響のないようにし河川に放流することとする。

尿素肥料工場の諸施設は次の5項に大別される。

- (1) プロセスプラント : 水素, 窒素, アンモニア, 炭酸ガス, 尿素
- (2) 用役プラント : 用水, 冷却水, 蒸気, 燃料, 電力, セメント工場排ガス受け入れ, 排水処理
- (3) 貯蔵, 包装, 出荷設備 : 水素, 窒素, アンモニア, 炭酸ガス, 尿素貯蔵(バルク, 包装品), 包装, 出荷
- (4) 付帯設備 : 工場管理事務所, 保全, 分析, 安全, 衛生, 福利設備
- (5) 社宅設備 : 社宅

本章では、これら諸施設の設計基礎条件、設計の概念および概念設計の概略について説明する。

## 5-2 設計基礎条件

### 5-2-1 工場予定地の概況

尿素肥料工場の建設予定地については、第III編第4章で詳しく論じたように、ChobarとHetaudaの代替候補地の比較検討と工場予定地の選定を行なった結果、Hetaudaが適地であるとされている。

HetaudaはKathmanduの南方、約42kmのTaraiの中心地に位置し、熱帯地方特有の気候条件を有している。Hetaudaはインド国境にも近く交通の要地であるとともに、人口60,000人の商工業の中心地でもある。HetaudaにはHetauda Industrial Districtと呼ばれるネパール王国最大の工業団地があり、各業種23工場では4,200名の従業員が働いている。

Hetauda には現在大型セメント工場が建設されており、セメントクリンカーの設備能力は 750 TPD で 1985 年に工場は完成し、稼動に移行する予定である。工場従業員総数は 1,200 人と予定されている。この工場は完成すると、ネパール王国最大の工場となる。

尿素肥料工場建設予定地は、この Hetauda Cement Industries, Ltd の西側の隣接地であり、最短距離で炭酸ガス回収のため、セメント工場排ガスの供給を受けることが出来る。セメント工場は、East-West High Way および Birganj へ至る国道に近く位置しており、650 m×350 m の敷地を占めている。尿素肥料工場は工場用地として、セメント工場の西側で Kukhureni 河の東側に 500 m×200 m の面積を必要とする。この用地は現在農業用地として使用されていて、平坦ではあるが約 25 軒の民家が散在する。Hetauda 地区のインフラストラクチャーと尿素肥料工場の関連図を、図 3-7 に示す。

#### 5-2-2 土質条件

尿素肥料工場予定地の土質条件については、実測データはない。しかし、セメント工場用地については実測データがあるのでこれを参照し、ある程度の推定を行なうことは出来る。土質は礫と玉石の混合した砂地層で、許容地耐力は 30~60 Ton/m<sup>2</sup> と推定される良質地盤で、平坦かつ広大な用地であり工場用地としての造成に適している。地下水位は 3.8~8.0 m と推定される。詳細土質条件は表 3-11 に示す。

#### 5-2-3 気象条件

Hetauda は Tarai の熱帯性気象地である。年間降雨量は 2,000 mm, 最高気温 38.8°C (4 月), 最低気温 3.0°C (1 月) である。湿度は年間平均で 68~74 %, 雨季は 5 月から 9 月, また乾季は 11 月から 3 月である。したがって、最高気温を記録する 4 月には湿度は比較的低いことが特徴的である。気象条件の詳細は、表 3-11 に示す。

#### 5-2-4 工業用水の水源および水質

Hetauda 地区は、Rapti River, Karra River および Kukhureni River の 3 河川の合流地点である。各河川の Hetauda 地区の水量記録データはないが、乾季における河川の状況視察の結果では、この地区の水量は充分あると判断された。

Hetauda Industrial District は Karra River より 3,000 TPD の工業用水を採取している。また、Hetauda Cement Industries Ltd. は、Kukhureni River より約 500 m 東側の社宅用地の浅井戸 (8 m) より 500 TPD の用水を採取する計画である。

水質については、やや酸性 (pH 5.8) ではあるが、硬度も低く良質の用水である。尿素肥料工場で消費する用水は 183 TPH であり、Kukhureni River の河床の浅井戸から良質の用水を得ることが出来ると判断される。用水の水質推定値については、表 3-11 に示した。

#### 5-2-5 電力の供給条件

Hetauda 地区には NEC の高圧送電線 (66 kV) があり、Hetauda Cement Industries, Ltd. への電力供給 (5,000 kWh) もこの送電線から行なわれる計画である。尿素肥料工場の電力設備容量は 86 MW である。Hetauda 市内にある NEC の変電所までの直接距離は、約 5 km である。この間、既設の高圧送電線および鉄塔があるが、送電線の容量は不十分なため、新規送電線の設備が必要となる。この設備費は本計画予算に計上されている。

電力の供給は 66 あるいは 132 kV, 50 Hz の三相交流によるものとし、その詳細は表 3-11 に示した。

#### 5-2-6 セメント工場排ガスの供給条件

Hetauda Cement Industries, Ltd. は未稼働であり、また使用燃料の詳細仕様も本調査時には決定されていなかったため、種々の仮定を設け、排ガス組成とその変動要因の推定を行なった。その詳細は、第 III 編第 3 章に説明したが、CO<sub>2</sub> 濃度 18~20 % の排ガスを得ることが出来ると推定される。

供給点はセメント工場の Electrostatic Precipitator 出口が適当であり、この地点より尿素肥料工場まで、ダクトを建設し排ガスを受け入れる。ダクトの距離は約 300 m である。(ダクト径は 0.9 m×0.9 m) 尿素肥料工場が必要とする排ガス量は、約 29,750 Nm<sup>3</sup>PH である。

排ガス供給条件の詳細は、表 3-11 に示した。

### 5-2-7 製造されるアンモニアおよび尿素の製品仕様

尿素肥料工場では、アンモニアを中間原料として尿素肥料を製造する。尿素は流動性の良い粒状尿素肥料であり、50 kg 入りの包装製品として出荷される。アンモニアおよび尿素の製品仕様の概要を次に示す。いずれも現在肥料として、国際的に取引されている製品規格に合致するものである。

|             | アンモニア  | 尿 素            |
|-------------|--------|----------------|
| (1) 状態      | 液体     | 粒状品            |
| (2) 温度, °C  | (-) 30 | 30             |
| (3) 圧力, ata | 1.01   | 1.00           |
| (4) 分析値, %  |        |                |
| 窒 素         | 82.2   | 46.4           |
| ピウレット       | 0.0    | 0.8            |
| 水 分         | 0.1    | 0.25           |
| (5) 粒度分布, % | —      | 95(1.0-2.5 mm) |

尿素肥料工場の設計基礎条件を表 3-11 にまとめて示した。

### 5-3 工場諸施設の概念設計

#### 5-3-1 工場諸施設の概要と設計概念

尿素肥料工場の製造日産能力は包装品尿素で 275 TPD であるが、これを構成する諸施設は、プロセスプラント、用役プラント、製品貯蔵設備、付帯設備および工場従業員社宅より成る。

この尿素肥料工場の概念設計を行なうにあたり、特に留意した事項は次の 4 点である。

- (1) 尿素製造に最も重要な電力供給に、季節的および時間帯による供給制限があるので、このような制約下でもアンモニアおよび尿素プラントの可及的連続操業維持を計るよう配慮する。
- (2) 尿素製造に必要な炭酸ガスはセメント工場排ガスより回収するが、セメント工場の操業変動があっても、アンモニアおよび尿素プラントの可及的連続操業維持を計るよう配慮する。

- (3) 水素プラントが最も電力消費が多いため、時間帯的に電力供給に制限がある場合は、水素プラントを早朝3時間および夕方4時間完全に停止しても、アンモニアおよび尿素プラントの日間連続操業が維持出来るよう配慮する。この場合、日間工場操業率は、夕方4時間のみ水素プラントを停止した場合83.3%、また夕方4時間と早朝3時間の合計7時間に亘り水素プラントを停止した場合は70.8%に低下する。
- (4) アンモニアおよび尿素プラントは、一度操業停止すると、再スタート後定常状態に達するのに24時間以上を要するばかりでなく、プラント内の原料損失、触媒の活性低下、用役の過大消費がある。したがって電力供給および炭酸ガス供給に制約がある場合、日間操業率が最低50%を維持できるように設備上の配慮を加える。なお、日間操業率が50%を維持出来ない場合は、工場の安全保持のため、全工場を完全停止する。

尿素肥料工場の主要設備の概要を表3-12に示し、その詳細を次に説明する。

### 5-3-2 プロセスプラント

階素肥料工場のプロセスプラントは、水素プラント、窒素プラント、アンモニアプラント、炭酸ガスプラントおよび尿素プラントの5プラントで構成され、その設計能力は次の通りである。

|               | 設備能力                               |
|---------------|------------------------------------|
| (1) プロセス プラント |                                    |
| 水素 プラント       | 95 TPD (13,300 Nm <sup>3</sup> PH) |
| 窒素 プラント       | 132 TPD (4,440 Nm <sup>3</sup> PH) |
| アンモニア プラント    | 160 TPD                            |
| 炭酸ガス プラント     | 207 TPD (4,380 Nm <sup>3</sup> PH) |
| 尿素 プラント       | 275 TPD                            |

なお、製造された中間原料および製品を貯蔵・出荷するための貯蔵・出荷設備を各プロセス・プラントに付帯して設置する必要がある。これ等、貯蔵・出荷設備の容量は次の通りである。

|          |                        |
|----------|------------------------|
| (2) 貯蔵設備 |                        |
| 水素ガス     | 33,000 Nm <sup>3</sup> |
| 窒素ガス     | 2,000 Nm <sup>3</sup>  |

|         |                        |
|---------|------------------------|
| アンモニア   | 1,750 Ton              |
| 炭酸ガス    | 20,000 Nm <sup>3</sup> |
| 尿素, バルク | 2,100 Ton              |
| 包装品     | 7,000 Ton              |
| 包装設備    | 40 TPH                 |
| 出荷設備    | 100 TPH                |

水素ガスおよび炭酸ガスの貯蔵設備は、電力供給余力低下に伴う水素プラントの短期停止、あるいはセメント工場の操業短期停止時のアンモニア、および尿素プロセス・プラントの連続操業に対処出来るような貯蔵能力を考慮したものである。

#### (1) 水素プラント

水素プラントは、水を電気分解して、アンモニア合成用原料、水素ガスを得るものである。

主要部を構成するものは、電解槽（複極式フィルタープレス型）であり、アルカリ水溶液を電解液として水を電気分解し、水素ガスと酸素ガスを発生する。

発生した水素、酸素は、電解液と気液混相流となってそれぞれ別々に電解槽から取り出され、気液分離器でガスと電解液に分離される。分離された電解液は、電解反応時の発熱反応により温度が上昇しているため、冷却後、電解槽に戻され循環使用される。

一方、分離器で分離された水素ガス、酸素ガスは、別固に設けられたガス洗浄セクションにおいて水洗されて同伴アルカリミストを除去した後、酸素ガスは大気中へ放散され、水素ガスはホルダーあるいは直接アンモニアプラントに供給される。

水素プラントに於ける水の電気分解は、Faraday's Law により、次の式で説明される。



熱力学的理論計算によれば、電解圧は 1.48 Volt, 所要直流電力は、3.55 kWh/1.0 Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub>であるが、工業的設備では 1.60~1.80 Volt, 4.22~4.88 kWh/1.0 Nm<sup>3</sup>-H<sub>2</sub> が通例である。

電解槽の操業条件は、温度 80—90°C、圧力 1.0—30 ata、電解液は 25 %の苛性カリ水溶液が使用され、製品の水素ガス濃度は 99.80±0.1 % また酸素ガス濃度は 99.60±0.3 %である。水電解水素プラントの技術概要は、付録III—3 に示した。

アンモニア製造の水素ガス原単位は、1,989 Nm<sup>3</sup>/Ton—NH<sub>3</sub>であるので、水素プラント能力は 13,300 Nm<sup>3</sup>PH となる。水素プラントのブロックダイアグラムを図 3-9 に示す。

## (2) 窒素プラント

窒素プラントは、空気中の窒素分を分離してアンモニア合成用原料としての高純度窒素ガスを得たものである。

空気圧縮機にて所定の圧力まで昇圧された空気は、洗浄、冷却された後、切替式熱交換器により水分および炭酸ガスを凝結除去した後、精留塔の下部へ送る。空気はここで、塔頂に窒素ガス、塔底に酸素を含む排液とに分離される。

製品窒素ガスは、精留塔の頂部から取出され、熱交換器で加温された後、ガスホルダーあるいはアンモニアプラントに供給さる。

一方、塔底の液体酸素は、コンデンサーで塔頂からの窒素ガスと熱交換した後、膨脹タービンに送られ、ここで断熱膨脹により、装置に必要な寒冷を発生する。そして精留塔へ供給される原料空気と熱交換して寒冷を回収された後、大気へ放出される。

窒素プラントの能力は 4,440 Hm<sup>3</sup>PH である。窒素プラントのブロックダイアグラムを図 3-10 に示す。

## (3) アンモニアプラント

アンモニアプラントは、空気分離によって得られた窒素と水の電解によって得られた水素を原料としてアンモニアを合成し、製品アンモニアを尿素製造用中間原料とするものである。アンモニアプラントは次の二つの部門よりなる。アンモニアプラントの能力は 160 TPD である。

(i) 圧縮部門

(ii) アンモニア合成部門

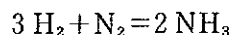
#### (イ) 圧縮部門

窒素ガスおよび水素ガスは、モル比が1：3になるよう混合され、合成圧縮機により、ほぼ大気圧から310 atgの圧力に昇圧し、合成塔に送られる。合成圧縮機は電力駆動往復動式である。

#### (ロ) アンモニア合成部門

昇圧された合成ガスは、気液セパレータを経て合成塔に入る。合成塔内では触媒の存在下アンモニアが合成される。合成塔を出たアンモニアガスは、合成塔出口の熱回収ボイラーで、熱を回収され、更に冷却され液体アンモニアとなる。この液体アンモニアは気液セパレーション、レットダウン操作を経て、一部ガスをパージした後、製品液体アンモニアとなって、アンモニアタンクおよび尿素プラントへ送られる。

アンモニア合成の化学反応は次の通りである。



アンモニアプラントの設計能力は160 TPDで、アンモニア合成条件は、圧力310 atg、温度400°Cである。副産水蒸気は26 atgの圧力を有する。

アンモニアプラントの、ブロックダイアグラムを図3-11に示す。

#### (4) 炭酸ガスプラント

炭酸ガスプラントは、Hetauda Cement Industries, Ltdのセメント工場排ガスを受け入れ、尿素合成用の高純度炭酸ガスを回収するものである。

セメント工場排ガスは、ブローにより所定の圧力まで昇圧された後、炭酸ガス吸収塔に入る。吸収塔内では、系内を循環している吸収溶液と接触し、炭酸ガスは溶液中に吸収される。

炭酸ガスを除去された排ガスは、吸収塔頂部から大気中へ放散される。一方、炭酸ガス



を吸収した濃厚溶液は、吸収塔底を出た後、途中で再生塔から稀薄溶液と熱交換をし、昇温された後再生塔に入る。

再生塔では底部に与えられた熱により、溶液中の炭酸ガスは、ストリップングされ塔頂から出た後、所定の温度まで冷却されてホルダーへ送られ、更に尿素プラントに送られる。

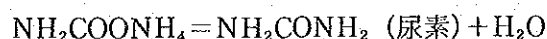
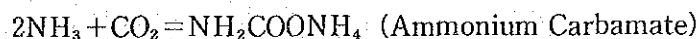
再生塔底部から出た稀薄溶液は、途中冷却され再度吸収塔へ送られ、炭酸ガスの吸収に循環使用される。炭酸プラント能力は 207 TPD である。

炭酸ガス吸収液は有機アミンを主体とするもので、炭酸ガス回収の熱（水蒸気）消費量が少くなるよう配慮されている。

炭酸ガスプラントのブロックダイアグラムを図 3-12 に示す。

#### (5) 尿素・プラント

尿素プラントは、アンモニアプラントで製造される液体アンモニアおよび炭酸ガスプラントで回収される炭酸ガスを原料として、最終製品の粒状尿素を製造するもので、その反応は次式で示される。



原料のアンモニアおよび炭酸ガスは、高温高圧下（温度；180～200°C、圧力；150～200 atg）の尿素合成管内でアンモニウムカーバメートを生成し更に加水分解により尿素水溶液に転化される。尿素プラントの能力は 275 TPD である。

尿素合成管を出た合成液は、未分解のカーバメートを含むため分解塔に送られ、水蒸気加熱によりこれを分解し、アンモニアおよび炭酸ガスを回収し尿素合成管に循環させる。尿素は水溶液状であるため、真空濃縮器で濃度が 99 % 以上になるよう濃縮し、造粒塔頂より大気に液滴状に分散させ、造粒塔中で冷却固化させ粒状の尿素製品を製造し、尿素倉庫および包装設備に送る。

なお、尿素プラントから排出される排水は微量のアンモニア、炭酸ガスおよび尿素を含むため、これを加水分解槽で炭酸アンモニウムに転化し蒸留塔でアンモニアを回収し尿素

合成管に返送される。排水は工場内の生活排水と混合され河川に放流する。

尿素プラントのブロックダイアグラムを図 3-13 に示す。

### 5-3-3 用役設備

尿素肥料左場に含まれる用役設備は、次の通りである。

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| (1) 電力受電設備     | 86 MW                    |
| (2) 用水処理設備     | 183 TPH                  |
| (3) 純水製造設備     | 32 TPH                   |
| (4) 冷却水設備      | 6,500 TPH                |
| (5) 水蒸気設備      | 27.5 TPH                 |
| (6) 計装, 工場空気設備 | 1,500 Nm <sup>3</sup> PH |
| (7) 非常用発電設備    | 0.8 MW                   |

水蒸気設備の燃料は石炭を使用する、発生水蒸気は主に尿素プラントおよび炭酸ガスプラントで使用される。

### 5-3-4 貯蔵・出荷設備

製造粒状尿素の貯蔵設備は、バルク尿素で 2,100 Ton また、包装尿素で 7,000 Ton の能力を有する。なお、粒状尿素の包装設備の能力は 40 TPH で、出荷は主に 8 トントラックで行なわれるので、出荷ピークの対策を含めて、100 TPH で設計されている。

### 5-3-5 公害対策施設

尿素肥料工場から放出される排ガスは、主に尿素プラント造粒塔排気で、排水は尿素プラントの真空濃縮器排水である。排水処理能力は、55 TPH である。

いずれも欧米、日本の環境基準に合致するよう工場内で処理され放出される。

工場放出基準は次の通りである。

#### (1) 排気ガス基準

|                     |  |
|---------------------|--|
| (イ) 尿素ダスト           | 50 mg/m <sup>3</sup>                     |
| (ロ) NH <sub>3</sub> | 200 ppm                                  |
| (ハ) ダスト             | 500 mg/Nm <sup>3</sup> (石岩ボイラー 24 時間平均値) |
| (ニ) SO <sub>x</sub> | K=17.5                                   |

## (2) 排水基準

|         |         |
|---------|---------|
| (イ) pH  | 6.0—9.0 |
| (ロ) BOD | 50 ppm  |
| (ハ) COD | 50 ppm  |
| (ニ) 懸濁物 | 60 ppm  |
| (ホ) 温度  | 45°C    |

## 5-3-6 その他の工場内補助設備

尿素肥料工場内の主要補助設備は次の通りである。

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| (1) 工場管理事務所   | 800 m <sup>2</sup>   |
| (2) 食堂        | 800 m <sup>2</sup>   |
| (3) 保全事務所     | 400 m <sup>2</sup>   |
| (4) 保全作業所     | 1,320 m <sup>2</sup> |
| (5) 分析測定室     | 400 m <sup>2</sup>   |
| (6) 化学薬品、部品倉庫 | 320 m <sup>2</sup>   |
| (7) 守衛所       | 30 m <sup>2</sup>    |
| (8) 駐車場       | 150 m <sup>2</sup>   |
| (9) 医務室       | 200 m <sup>2</sup>   |
| (10) プラント分析室  | 30 m <sup>2</sup>    |

## 5-3-7 尿素肥料工場の総括

尿素肥料工場のブロックフローダイアグラムを図 3-14 に、またレイアウトを図 3-15 に示す。

所要面積は 500 m×200 m である。尿素肥料工場の原料、用役、化学薬品、包装袋などの原単位表を、表 3-13 および表 3-14 に示す。

尿素肥料工場建設に要する機器および資材は 25,400 Freight Ton (8,500 Net Ton) と推定される。また、大型機器としては、アンモニア合成管 (1.7 mD×13.5 mL×80 Ton) および尿素合成管 (1.5 mD×28 mL×90 Ton) などがあるが、いずれもネパール国内道路輸送の重量制限のため、分割製作して現地組立てを行なうことになる。

また、工場建設の設計および監督に要するサービスは 910 Man-Month, 工場組立ておよび建設労務者は 21,700 Man-Month, 建設ピークの労務者数は 1,800 名と推定される。

#### 5-4 オフサイト施設

尿素肥料工場の主要オフサイトとして社宅施設, また関連インフラストラクチャーとしては, 製品尿素出荷用の道路がある。

社宅施設については合計 92 戸, 建家総床面積 6,010 m<sup>2</sup> また, 敷地面積 18,000 m<sup>2</sup> である。社宅のクラス別床面積と戸数は次の通りである。

| クラス | 床面積, m <sup>2</sup> | 戸数 |
|-----|---------------------|----|
| I   | 180.0               | 1  |
| II  | 135.0               | 6  |
| III | 90.0                | 15 |
| IV  | 67.5                | 20 |
| V   | 46.4                | 50 |
|     |                     | 92 |

製品尿素出荷道路については, 隣接セメント工場は現在建設工事中であり, セメント工場完成後整備が進むと考えられるが, 当面 (1,700 m×12 m) の道路整備を土建工事費に含めた。尿素肥料工場予定地整地については, 整地工事総量は 230,000 m<sup>3</sup> と推定され, その工事費を計上した。