地球温暖化対策検討部会だより

当部会は、情報収集・発信、適応策検討、緩和策検討の3ワーキンググループ(WG)からなり、うち適応策WGは、気候変動が本道の農業に及ぼす影響を踏まえ、農業農村整備による適応策について検討しています。昨年度は農業用排水路の整備水準の実態調査を行っており、本年度はそのリスク評価や具体な適応策を検討しています。今回、昨年度まで適応策WGに在籍し、河川やダムを担当してきた建設部建設管理局建設政策課の劒持主査より「農業用排水路の検討時における留意点」ということで寄稿して頂きました。

農業用排水路の検討時における留意点

貴部会において北海道の降雨量(特に短時間雨量)が増加傾向であることは実証され、さらに、(独)国土技術政策総合研究所において 100 年後の降雨量が増加することを予測しています。今回は、貴部会の適応策 WG で検討予定の「既設断面の最大流下可能量の算出」※1、又は農業用排水路の計画立案時の一助になればと思い報告いたします。特に、耕地出張所等の技術者の参考となれば幸いです。

流下能力の評価

既設断面を評価する視点として、現時点での排水路の流下能力をどのように評価するかが課題であり、次の 2 点の検討時における主な留意点について報告いたします。

（1）計画流量の検討時　　（2）排水路断面の検討時

(1) 計画流量の検討時

（計画流量検討時における留意点）

農業用排水路を含め一般的に、流域が狭くて細長い、ダムなどの貯留施設がない場合は、合理式により計画流量を算出し、下記の順に検討を進めます。

今回は、最新の知見に基づく検討が必要な「②対象観測所の選定」と「④雨量強度の算出」に絞って、その検討時おける留意点について報告いたします。

①計画規模の設定　→　②対象観測所の選定　→　③洪水到達時間の算出　→
④雨量強度の算出　→　⑤流出係数の設定　→　⑥計画流量の算出

（対象観測所の選定）

観測所設置数の増加や観測データの蓄積など最新データの使用により、排水路流域の降雨現象を適確に捉えるため、対象観測所の選定からスタートします。

流域内付近に観測所があるなど、明らかに対象観測所が判明する場合を除き、ティーセン分割により選定します。

ティーセン分割とは、図―1 のとおり観測所間の中間地点に垂線を描き、流域での占有面積が大きい(＝重み)観測所を選定する方法で、この場合は C 観測所を選定します。

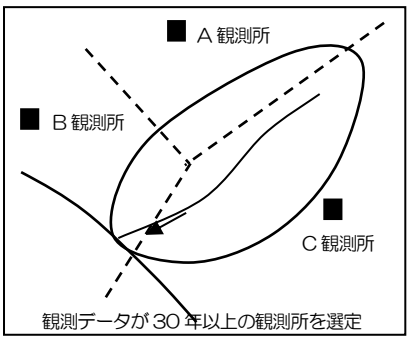


図-1 ティーセン分割の例

（雨量強度の算出）

①到達時間が１ｈ未満における大雨資料の適用について

次に、対象観測所において、所定の確率による雨量強度を算出しますが、農業用排水路の多くは、洪水到達時間が１時間未満と極めて短い状況にあります。

一方、大雨資料第 10 編の雨量強度式は、河川事業での使用頻度が高い到達時間帯により作成され、時間データ観測の観測所は、4h、3h、2h、1h、10 分データ観測の観測所はさらに 0.5h(30min)のデータにより雨量強度式を設定しています。

つまり、1h 及び 0.5h より短い到達時間の場合、大雨資料の雨量強度式を適用することは、適切に定数を設定したとは言えないため、雨量強度式を再設定する必要があります。

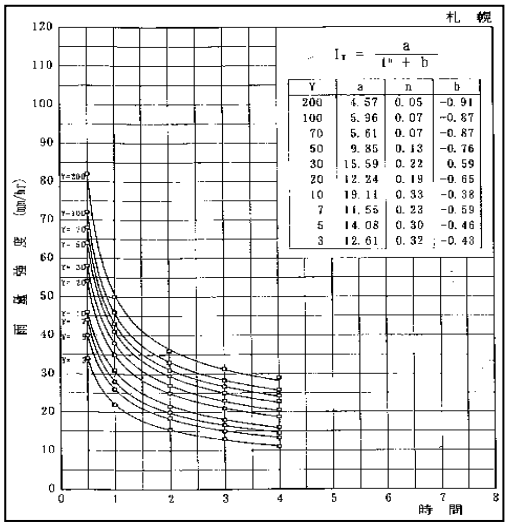


図-2 札幌観測所の雨量強度式

②札幌観測所における事例

上記①の現象について、札幌観測所の例に検証してみます。

確率規模が 1/50 の場合の雨量強度式は、

$$I = a/(t^n + b) = 9.85/(t^{0.13} - 0.76)$$

となり、b=-0.76＜0 と設定しているため、t=0.12 時間を境に+∞、-∞となり開放し、開放する到達時間に近づくほど雨量強度が大きくなり、過大な流量を算出するおそれがあります。

この現象を解消するため、この要因である b＜0 の設定を b＞0 とし、雨量強度の定数を再設定する必要があります。

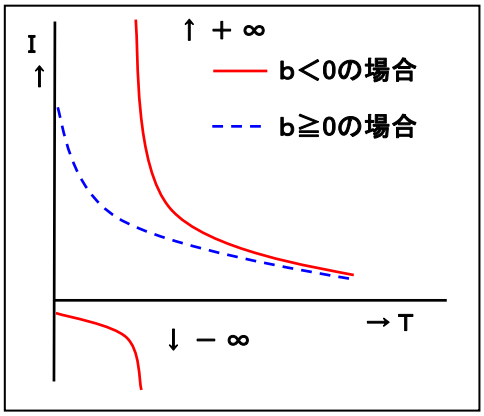


図-3 雨量強度が開放するイメージ

③定数の再設定

確率分布モデルは大雨資料の岩井法から、最新の知見に基づき、安定性の高い Gumbel 分布としました。

定数は大雨資料と同様にｎ＝0.01～1.00(0.01 間隔)、ｂは開放しないようｂ＝0.01 に固定し、最小二乗誤差であるｎ、ａ、ｂの組み合わせにより設定しました。

その結果、50 年確率による定数は、ａ＝42.52、ｂ＝0.01、n=0.54 と設定となりました。

$$I = a/(t^n + b) = 42.52/(t^{0.54} + 0.01)$$

雨量強度とは、降雨量の強さを表すもので、到達時間などある時間内の強さの雨が単位時間(一般的には 1 時間)続いたとした場合の雨量を雨量強度として表現しています。

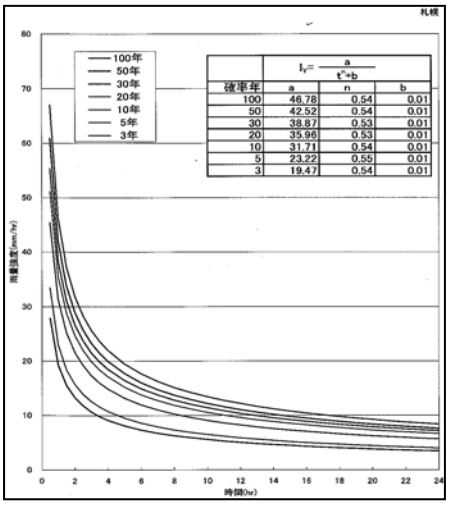


図-4 札幌観測所の再設定した雨量強度式

④大雨資料第 10 編と再設定した雨量強度との比較

大雨資料第 10 編と再設定した雨量強度を比較すると、表－１のとおりとなります。札幌観測所の到達時間の最小値が 0.5h であるので、これ未満の 0.2h や 0.3h の場合は、比率が 1.94 倍、1.33 倍となり、これに伴い、流量も 1.94 倍、1.33 倍となることから、適正な雨量強度式に再設定する必要性がわかります。

表-1　大雨資料１０編と再設定の雨量強度との比較(N=1/50)

t (h)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
10 編(A)	192.34	103.56	77.13	64.03	56.05	50.29	46.59	43.51	41.04
再設定(B)	99.04	78.00	67.55	60.42	55.15	51.06	47.76	45.03	42.72
比率(A/B)	1.94	1.33	1.14	1.06	1.02	0.98	0.98	0.97	0.96

また、農業用排水路などで適用する確率規模 N=1/10 を用いて同様の方法により、大雨資料第 10 編と再設定した雨量強度式を比較すると、表－２のとおりになります。

N=1/50 と同様に、到達時間が 0.2h や 0.3h に着目すると、比率が 1.２４倍、1.１０倍となり、これに伴い、流量も 1.２４倍、1.１０倍となります。N=1/50 より比率が少ないものの、やはり、適正な雨量強度式を再設定する必要性がわかります。

表-2　大雨資料１０編と再設定の雨量強度との比較(N=1/10)

(mm/h)

t (h)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
10 編(A)	91.90	65.42	53.22	45.99	41.11	37.55	34.81	32.62	30.82
再設定(B)	73.86	59.61	51.17	45.44	41.24	37.98	35.37	33.21	31.40
比率(A/B)	1.24	1.10	1.04	1.01	1.00	0.99	0.98	0.98	0.98

⑤大雨資料の適切な使用

大雨資料では、時間データ観測の観測所は 1h、10 分データ観測の観測所は 0.5h が到達時間の最小値となります。計算された到達時間が１ｈ又は 0.5h 未満となる場合、最小値を適用する例がありますが、これは適正に雨量強度を算出したことになりません。

例えば、確率規模 N=1/10、到達時間 t=0.２h の場合、表－３より雨量強度は 73.86mm/h となりますが、当観測所の到達時間最小値である 0.5h を適用すると、表－３より雨量強度は 45.44mm/h となります。この雨量強度 45.44mm/h を到達時間 t=0.2h で評価すると、表－３より確率規模は概ね N=1/3 しかないことがわかります。つまり、適正な雨量強度を算出するには、大雨資料によらず定数の再設定が必要であることがわかります。

表-3　確率規模と到達時間

(mm/h)

規模＼t	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
N=3	45.35	36.60	31.42	27.90	25.32	23.32	21.72	20.39	19.28
N=5	54.94	44.17	37.81	33.51	30.35	27.91	25.96	24.35	22.99
N=10	73.86	59.61	51.17	45.44	41.24	37.98	35.37	33.21	31.40

（２）排水路断面の検討時

（排水路断面検討時における留意点）

河川法による河川整備基本方針や河川整備計画を策定する際、現況における安全度を評価するため、河道計画を再検討する場合があります。その際の項目は、下記のとおりですが、今回は、特に農業用排水路との関連が考えられる「③粗度係数の検討」と「④湾曲部の検討」について報告します。

①出発水位の検討　②平均流速モデルの検討　③粗度係数の検討
④湾曲部の検討　⑤計画高水位の検討

（粗度係数の検討）

粗度係数とは、水路壁面や法面等の抵抗を示すものであり、再検討の場合、一般的に断面変化がないので、流量 Q=1/n*R^2/3*I^1/2 のＲとＩは固定され、流下能力はｎの値により左右されます。

また、従来の粗度係数は、施工直後の状態で設定する場合が多くありましたが、今後再検討又は計画する際は、将来の維持管理を考慮し、長期的な視点から粗度係数の設定が必要と考えます。

図-5 に示す農業用排水路の計画時の粗度係数は、U 型トラフが n=0.015、それ以外の粗度係数が張芝の n=0.040 を適用しています。しかし、その後の張芝など草本類の繁茂や木本類の侵入などが有る場合は、流下に対する抵抗（＝粗度係数）が増加し、断面を阻害することになります。

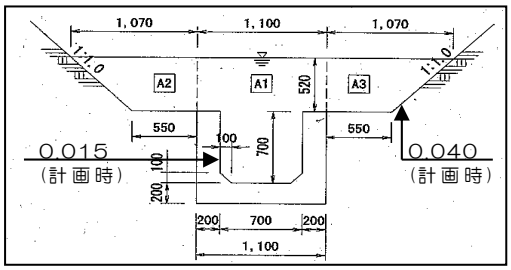


図-5 農業用排水路の粗度係数

そこで、草本類の繁茂により、30cm の草丈になった場合について検証してみます。

張芝部分の粗度係数を「美しい山河を守る災害復旧基本方針の巻末資料」にある高水敷の粗度係数により算出すると、図-5 から、水深(H)は 0.52m、草丈(hv)は 0.30m となるので、

H/hv＝0.52/0.30＝1.73

また、草本類は概ね洪水時には倒伏状態となることから、図-6 から H/hv＝1.73 と倒伏状態と交点の粗度係数を判読し、n=0.048≒0.050 となります。

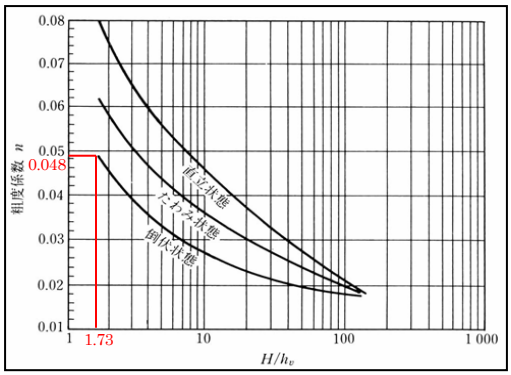
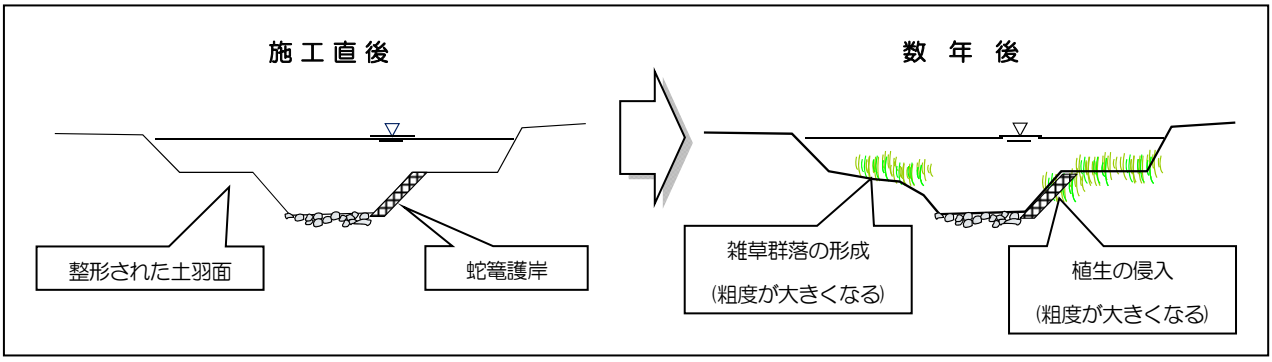


図-6 流水中の草の状態と粗度係数

計画時の張芝の粗度係数 n=0.040 と繁茂した粗度係数 n=0.050 の比率は 1.25 倍となり、流下断面が 1.25 倍不足することになります。

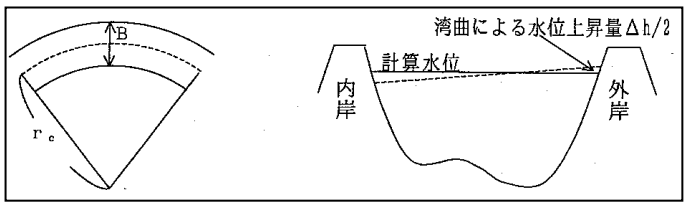
洪水期の間、草刈りなどを適切に行う場合を除き、今後は担い手の高齢化や労働時間短縮に配慮し、計画時から草本類の繁茂などを見込むことが必要と考えます。



（湾曲部の検討）

湾曲部においては、遠心力により外岸部の水位が上昇することから、この地点から氾濫が発生しないか、水位上昇量を検討する必要があると考えられます

湾曲部で検討が必要な場合とは、水路中央の曲率半径(Rc)と湾曲区間の川幅(B)との比が Rc/B=10 以下の場合です。 計算は次の式により行います。



水位上昇量　$\Delta h=BV^2/gRc$

V：湾曲区間の平均流速　g：重力加速度

外岸では△h の１/2 上昇するので、△hc=△h/2 となります。

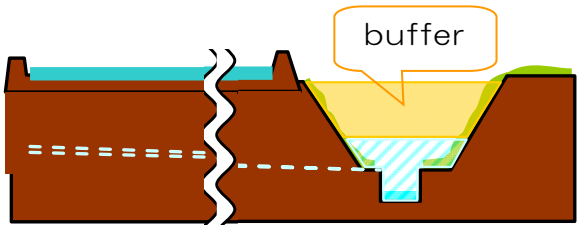
河川関連情報

現在、大雨資料第 12 編の発刊に向けて建設部河川課では事務を進めています。もうすぐです。

なお、雨量強度式、確率分布モデル、短時間の取り扱いなど、現時点での情報はお伝えできますので、剱持までご連絡願います。

最後に、本たよりや河川に関することなど、疑問点や意見等がございましたら、遠慮無くお問い合わせいただけたら幸いです。（建設部建設政策課建設政策Ｇ 29-665）

※１　道営の農業用排水路の縦断線形は暗渠排水の落口確保のため、1/10 確率流量を流下できる深さより深く設定されているため、1/10 確率以上の超過洪水を流下させることができるものが多くあります。超過洪水が発生した場合にどのような現象が発生するか（例えば農地の冠水、排水路の破壊など）について、キチンと計算を行ない地域に対する説明責任を果たすべきと考えています。特に温暖化に伴う短期降雨の増加によって超過洪水の頻度と強度が高まることが予想され、1/10 確率洪水量の計算に加えて、各設計断面における最大流下可能量（満水流量）を計算しておき、その脆弱度、逆に言えば、最大どの程度の確率雨量が流下可能かを評価することを部会として検討しています。



【後　記】

先日、北海道開発局から第４号で紹介した適応策 WG の取組に関して問合せがあり、農村計画課フロアにて意見交換を行いました。国も農業生産基盤に関する適応策検討のための調査を実施しているということで、お互いのデータを提供し合いつつ、引き続き情報交換をしていくことになりました。

当部会は、地域で取り組まれている温暖化対策について情報収集に努めています。些細なことでも良いですので何か話題があれば連絡願います。　（温暖化部会事務局）

◇本部会の情報収集・発信ＷＧ◇　北海道農政部農村振興局農村計画課　農地計画グループ

部会へのご意見お待ちしています

Tel　011-231-4111(内線 27-425)

E-mail　nosei.keikaku1@pref.hokkaido.lg.jp

温暖化の科学

2010.7.30

本部会の取組をより身近に考えるきっかけとして、T部会長からのコラムを掲載いたします。今回は「北海道米は温暖化防止に貢献する！？」をお届けします。

1. 北海道と都道府県の米の生産費比較

北海道農業は都府県と比較して大規模で効率的な生産を行っていると言われるが、エネルギー的にはどうであろうか。

大規模農業は不可避的に農業の機械化・化学化・装置化を進展させる結果、投入エネルギーを増加させ、CO_2排出など地球環境に悪影響を与えるのではないかという意見も一部に聞かれる。そこで水稲生産を対象に、都府県との投入エネルギーの簡易な比較を行ってみた。根拠資料は『*表-1 10a当たりの米生産費(平成18年度)*』とした。

同年の北海道の10a当たり全算入生産費は、108,565円で、都府県対比▲26%と効率的な米生産が行われている。

一方で、直接エネルギーに関連する「光熱動力費」の詳細を見たのが『*表-2　10a当たり米生産費～光熱動力費内訳(平成18年度)*』である。

表-1　10a当たりの米生産費（平成18年度）

項　目	10a当たり生産費(円)		
	都府県	北海道	比較※1
物財費	78,140	58,934	▲25%
種苗費	4,066	1,383	▲66%
肥料費	8,076	6,911	▲14%
農業薬剤費	7,180	6,186	▲14%
光熱動力費	3,704	4,759	28%
その他諸材料	1,938	2,937	52%
土地改良及び水利費	5,825	6,100	5%
賃貸料及び料金	13,800	8,174	▲41%
物件税公課諸負担	2,681	2,258	▲16%
建物費	4,342	3,921	▲10%
自動車費	3,264	1,763	▲46%
農機具費	22,957	14,205	▲38%
生産管理費	307	337	10%
労働費	42,852	32,156	▲25%
副産物価額	▲ 2,307	▲ 3,257	41%
利子地代等	27,887	20,732	▲26%
全参入生産費	146,572	108,565	▲26%

2. 北海道の方がエネルギー効率は悪い？

光熱動力費のうち化石燃料の使用量と電力料は、ともに北海道が多くなっている。効率的生産を行っているはずの北海道のほうが、エネルギー的には非効率となっているのだろうか。

米生産費のうち「賃貸料及び料金」の項目に着目してみると都府県の金額(13,800円)が北海道の金額(8,174円)より大幅に多い。これを「賃貸料及び料金」の細項目レベルで見たのが『*表-3　10a当たり米生産費～賃借料及び料金の内訳(平成18年度)*』である。

表-2　10a当たり米生産費～光熱動力費内訳（平成18年度）

内　訳	10a当たり生産費(円)			10a当たり動力燃料量（㎘）		
	都府県	北海道	比較※1	都府県	北海道	比較※1
動力燃料	3, 021	3, 787	25%	26. 4	39. 6	50%
軽油	1, 157	1, 592	38%	11. 2	17. 9	60%
灯油	524	1, 202	129%	6. 5	15. 0	131%
ガソリン	1, 002	832	▲17%	7. 5	6. 2	▲17%
潤滑油	171	156	▲9%	0. 3	0. 5	67%
混合油	167	5	▲97%	0. 9	0. 0	▲100%
電力料	622	949	53%			
その他	61	23	▲62%			
計	6, 725	8, 546	27%	52. 8	79. 2	50%

表-3　10a当たり米生産費～賃借料及び料金の内訳（平成18年度）

内　訳		10a当たり生産費(円)			10a当たり物量(各単位)		
		都府県	北海道	比較※1	都府県	北海道	比較※1
共同負担金		377円	465円	23%			
	薬剤散布	144円	16円	▲89%			
	共同施設負担	27円	294円	989%			
	共同苗代負担	206円	155円	▲25%			
農機具借料		333円	609円	83%			
航空防除費		1,087円	1,137円	5%	4.5a	9.2a	104%
賃耕料		869円	40円	▲95%	1.3a	0.2a	▲85%
は種・田植賃		746円	28円	▲96%	1.2a	0.0a	▲100%
収穫請負わせ賃		4,046円	855円	▲79%	2.5a	1.4a	▲44%
もみすり脱穀賃		1,568円	9円	▲99%	74.9kg	1.2kg	▲98%
ライスセンター費		1,696円	2,312円	36%	62.1kg	166.4kg	168%
カントリーエレベータ費		2,280円	1,627円	▲29%	81.9kg	139.6kg	70%
その他		798円	1,092円	37%			

「10a当たり物量比較」欄を見ると都府県では収穫、籾すり・脱穀、耕起など、化石燃料を多く使用する作業を外部委託している割合が、収穫作業では 10a 当たり 2.5a に対し北海道は 1.4a である。耕起作業では、都府県 1.3a に対して北海道 0.2a。籾すり脱穀では、都府県は 10a 当たり収量のうち 74.9kg が外部委託であるが、北海道では 1.2kg とほとんどを農家自らが実施している。

このように都府県では化石燃料を多く使用する作業を外部委託している割合が高いが、その燃料分は「光熱動力費」には計上されず、「賃貸料及び料金」に計上される。このため光熱動力費は北海道より少なく「賃貸料及び料金」は北海道より多い結果となっている。農機具や自動車などの減価償却分についても外部委託分は「賃貸料及び料金」欄に計上されていると想定される。このように農業構造が異なることから光熱動力費に計上されている直接エネルギーのみの比較では、どちらがよりエネルギー消費が少ないか判断出来ない。

3. LCAを用いての比較では

このため LCA 手法を用いて比較した。比較の方法は、平成 18 年度米生産費調査の使用材料の物量に、物量当たりエネルギー消費原単位を乗じてエネルギー消費量を推定した。建物費や水利費、農機具費など物量がない項目については、10a当たり金額に金額当たり原単位を乗じて算定した。原単位は、産業連関表をベースとした建物の LCA 指針データベース(日本建築学会)を使用した。農業機械や農薬、化学肥料などの資材については、その生産・流通に伴うエネルギー消費や CO2 排出分も対象とした。結果の集計を『*表-4　米生産費に基づく 10a 当たりエネルギー消費量及びCO_2排出量*』に示した。

表-4　米生産費に基づく 10a 当たりエネルギー消費量及びCO_2排出量

項目	エネルギー消費量(MJ/10a・年)			CO2 排出量(kg－CO2/10a・年)		
	都府県	北海道	比較※1	都府県	北海道	比較※1
種苗費	139	47	▲66%	9.8	3.3	▲66%
肥料費	795	751	▲5%	53.9	50.2	▲7%
農業薬剤費	525	452	▲14%	37.0	31.9	▲14%
光熱動力費	1,355	2,011	48%	83.4	123.0	47%
その他諸材料	86	119	38%	6.2	8.6	38%
土地改良及び水利費	425	445	5%	27.5	28.8	5%
賃貸料及び料金	1,006	596	▲41%	65.2	38.6	▲41%
建物費	202	186	▲8%	15.7	14.1	▲10%
自動車費	140	71	▲49%	9.4	4.8	▲49%
農機具費	1,128	703	▲38%	76.6	47.6	▲38%
生産管理費	25	28	10%	1.9	2.1	10%
計	5,825	5,408	▲7%	386.6	353.0	▲9%

北海道の米生産 10a 当たりエネルギー消費量は 5,408MJ/10a・年に対して都府県のエネルギー消費量は、5,825MJ/10a・年であった。光熱動力費のエネルギー消費量は、北海道のほうが多いものの、賃貸料及び料金(外部委託)、農機具や自動車の生産に伴うエネルギー消費量や CO_2 排出量が少ないため、米生産全体としては、北海道が都府県と比較してエネルギー消費量で▲7%、CO_2 排出量で▲9%となった。北海道で米生産を増加させ、エネルギー消費の多い地域での米生産を減少させることは、農業分野の地球温暖化対策として有効かもしれない。

4. 農業分野の温暖化対策の例～カーボンフットプリント※2

なお、商品やサービスの原料生産・製造・流通・消費・廃棄に係る CO_2 排出量を商品に表示して販売するカーボンフットプリントがすでに発足しており、この制度に基づいて、イオンは「あきたこまち」の CO_2 排出量を表示した製品を販売している。
(http://www.cfp-japan.jp/calculate/verify/permission.php　No2～3 にあります)

今後、道産農産物をカーボンフットプリントで評価し「地球環境にも貢献する道産農産物」がキャッチコピーとなることを期待したい。

※1　比較･･･都府県に対する増減割合　〔(北海道)－(都府県)〕÷(都府県)

※2　カーボンフットプリント･･･直訳すると<<炭素の足跡>>です。「どこ」で「どれだけ」CO2 が排出されたかを「見える化」したもの。(CFP 制度試行事業事務局(経済産業省)http://www.cfp-japan.jp/)