

## 1.2 地域の目標像と研究の目的

### (1) 地域の目標像と Backcasting（バックキャスト）の手続き

本共同研究の最終的な目標として合意されていることは、持続可能で資源循環型の「定住自律圏」の構築である。我が国は、食糧自給率が4割弱、エネルギー自給率に至っては1割にも満たないというのが現状である。我が国では、地域もまた同じような様態にある。そこで、このような国や地方の様態を打開する地域の在り方を構想し、その様態を目標像として掲げ、適切な手続きを踏むことで実現する。この最終目標を実現するためには、図1.1の Backcasting（バックキャスト）の手続きを想定して、将来の目標像をまず明確化することから始める必要がある。

これまでの地域計画や事業計画では、Plan-Do-Seeの方式でもPDCAの方式でも、今後の様態を予測（予言：forecast）して、その様態に合わせてシステムや場所、地域を整備する、いわば図1.1の Forecasting（フォアキャスト）の手順を踏む傾向にあった。つまり、システムや場所、地域における欲求を充足させる方向で予測（予言）した様態に持続可能性（sustainability）があるか否かではなく、その様態には費用・便益的な合理性があるか否かを問うといった手順である。こうした手順ではシステムや場所、地域を持続可能な様態に導くことはできない。結局は、それぞれの欲求に踊らされて、システムや場所、地域の目指す様態と具現化された様態がチグハグに推移していく。このことが我が国のシステムや場所、地域の現実とはいえないだろうか。

このことを自覚することで、開始されたのが本共同研究と並行する次の事業である。

事業名	平成20年～21年度 特別教育経費事業（連携融合事業） 『地域連携による環境の定期診断を通じた持続可能な環境都市づくり』
事業概要	本事業は、本校(福井工業高等専門学校)が「環境計測」と「環境都市づくり」の技術支援を行い、地元地域の環境行政と環境教育、環境保全の創発活動の持続可能な協働体制の構築を目指す。特に、市民の世代や活動レベルに応じた環境計測、データ収集、データ解析に基づいた環境評価の実践的な方法を体系化し提示する。

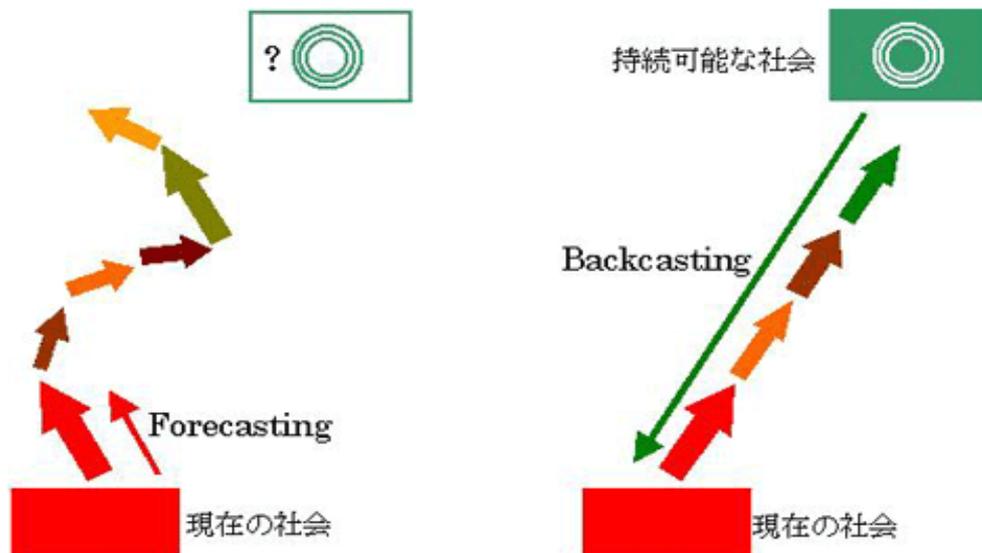


図 1.1 Backcasting と Forecasting<sup>5)</sup>

つまり、この事業と本共同研究事業は最終的な目標像を同じくしており、まず明確な目標像を共有し、**Backcasting**（バックキャストイング）の手続きを踏むという点で、同じ道を進む双子の兄弟のように歩み始めたと言える。さらに言えば、双方の事業の目的は、樹木もしくは木質バイオマスを媒体として、地域に持続可能な様態を具現化するという事に落ち着く。そして越の郷地球環境会議は、本共同研究事業の目的と目標像の前提として、樹木を育てて植え、その利活用の持続可能で資源循環型の地域像の実現のための手続きの具体的な実践者と言える。同じく、本共同研究の成果を踏まえ、木質バイオマスの活用と併せウッドピッチ（**woody pitch**）の生産を推進する実践者が必要であり、そのための実践的な組織が、県内で一日も早く立ち上げられることを期待したい。時代は、既にそうした方向<sup>6,7)</sup>に向けて進み始めているようである。

## (2) 木質バイオマスの活用とウッドピッチ：木タール

ところで、木質バイオマスの活用とウッドピッチの産出を新たな事業として創発させる試みでは、新たな考え方が必要となる。

例えば、**図 1.2** は木材資源（チップ）を比較的低い温度で炭化し、ガスと木搾液と木タール（ウッドピッチ）を抽出するシステムの概略図である。青森県工業総合研究センターの岡部敏弘氏によれば、重量比では約 6～7%の木タール（ウッドピッチ）が抽出可能であるという<sup>8)</sup>。従来、この部分は廃棄物として処理されていたわけである。しかも、炭化温度をさらに上げると、この部分もガス化され、特に木質バイオマス・ガス化発電では、木タール（ウッドピッチ）も燃料として消費する炭化炉が一般化している。前田道路<sup>株</sup>は既に社内で、燃料として活用する木タールと本研究のテーマである舗装材の代替材や添加剤として活用する際のウッドピッチとを明確に区別して、取り扱っている。つまり、木タール：ウッドピッチは二重の価値を有し、選択可能な二重の活用法を想定できるわけである。木タール：ウッドピッチの経済的な二重性の価値は産出者のものとなり、持続可能で資源循環型の木質バイオマス・ガス化事業をより有利なものとすることができる。本研究の共同研究者の目標は、こうしたエネルギーや舗装材関連資源の自産自費の枠組みに大きく貢献しうることにもある。しかも間伐材や木材資源を無駄なく活用でき、地球温暖化防止対策（温暖化効果ガス排出量削減）の効果も期待できるはずで、木タール：ウッドピッチの可能性は絶大と言える。

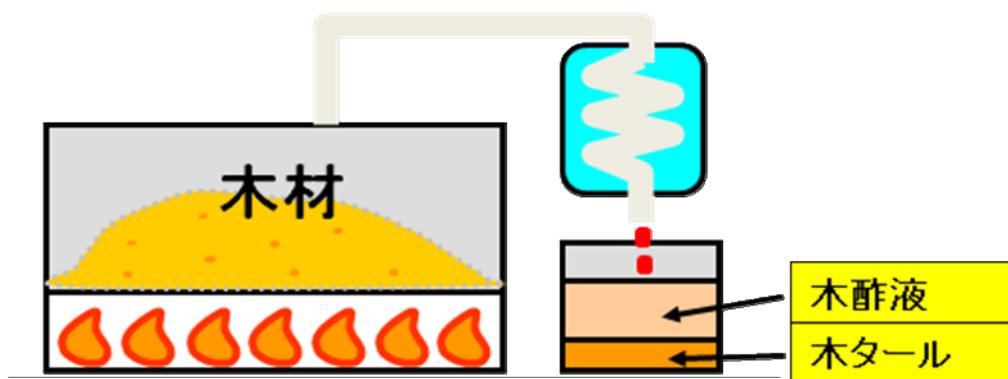


図 1.2 木材の炭化(400-500℃)

## 第7章 ウッドピッチを添加した再生アスファルト舗装材の効果

### 7. 1 概説

一般的な新アスファルト混合物，再生アスファルト混合物，中温化アスファルト混合物とウッドピッチ添加再生アスファルト混合物(本章では各アスファルト混合物にアスファルト安定処理を含む)の経済性および二酸化炭素排出量の比較を行う。

### 7. 2 経済性

福井県内における単価比較を表 7.1 に示す。平成 22 年度現在で，t 当りで再生アスファルト混合物よりもウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は 100 円以上安い価格設定となっている(再生骨材配合率 100%の細粒度アスファルト混合物(13)は t 当り 1,000 円安価)。また，次節の二酸化炭素排出量と関係するため，二酸化炭素排出量の削減の舗装材として注目されている中温化アスファルト混合物の価格の目安も示した。

表 7.1 アスファルト混合物の単価比較

(福井県 平成 22 年 10 月 15 日価格) (注1)

(単位：円／t)

品 目	①ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物(注3)	②再生アスファルト混合物	③新アスファルト混合物	④中温化アスファルト混合物(注4)
アスファルト安定処理	7,500	7,700	8,300	③より 10～20%高価 <sup>1)</sup> 。 したがって， ①(ウッドピッチ添加アスファルト混合物)と比較すると 20～30%高価。
粗粒度アスファルト混合物	8,000	8,200	8,800	
密粒度アスファルト混合物(20)	8,550	8,650	9,200	
密粒度アスファルト混合物(13)	8,550	8,650	9,200	
細粒度アスファルト混合物(13) (注2)	8,300	9,300	9,800	

(注 1) 福井・坂井地区の価格，福井県単価表にはウッドピッチは木タールと表示してある。

(注 2) ウッドピッチ添加の再生細粒度アスファルト混合物(13)については，再生骨材配合率 100%である。

(注 3) ウッドピッチは石川グリーンパワー産

(注 4) 中温化アスファルト混合物：アスファルトの粘度を一時的に低下させる特殊添加剤の効果によって，通常のアスファルト混合物の混合温度および施工温度を 30℃程度低減させることのできるアスファルト混合物。再生骨材を利用した中温化アスファルト混合物は現時点(平成 22 年度)ではない。

### 7. 3 二酸化炭素排出量

排出量原単位の比較を表 7.2 に示す。計算方法は、舗装性能評価法<sup>2)</sup>による。ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、再生アスファルト混合物と中温化アスファルト混合物と比較して約 10%、アスファルト混合物等と比較して約 20%の排出量を削減できる(細粒度アスファルト混合物(13)はすべてで約 40%程度削減)。

上述した経済性も考慮するとウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、中温化アスファルト混合物や再生アスファルト混合物と比較して、二酸化炭素排出量の削減に対して費用対効果の高いアスファルト混合物であるといえる。

表 7.2 CO<sub>2</sub>排出量原単位の比較(注 1)

(単位 : kg - CO<sub>2</sub>/t)

品 目	①ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物(注3)	②再生アスファルト混合物	③アスファルト混合物	④中温化アスファルト混合物
アスファルト安定処理	35.28 R② 9.9%(注 2) R③19.3% R④10.4%	39.17	43.73	39.40
粗粒度アスファルト混合物	36.70 R②12.3% R③21.0% R④12.8%	41.84	46.44	42.11
密粒度アスファルト混合物(20)	38.61 R②10.5% R③19.1% R④11.0%	43.13	47.73	43.39
密粒度アスファルト混合物(13)	39.47 R②10.1% R③18.6% R④10.6%	43.89	48.47	44.13
細粒度アスファルト混合物(13)	28.26 R②39.6% R③45.0% R④40.0%	46.83	51.42	47.08

(注 1)資料 6 参照

(注 2) R②は再生アスファルト混合物と比較した削減率, R③はアスファルト混合物と比較した削減率, R④は中温化アスファルト混合物と比較した削減率

#### 7. 4 まとめ

経済性については、従来の再生用添加剤が 150 円/ℓ 程度であるのに対してウッドピッチは 40 円/ℓ であること、ウッドピッチを使用することによりストレートアスファルト使用量を削減できること（資料 6 参照）の 2 点からウッドピッチ添加再生アスファルト混合物のコスト削減が実現できた。

ウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、他の混合物と比較してストレートアスファルトの使用量の削減ができるため、二酸化炭素排出量の削減を図ることができた。

経済性、二酸化炭素排出量の削減の 2 点を考慮するとウッドピッチ添加再生アスファルト混合物は、現時点でもっとも持続可能で循環型の舗装用アスファルト混合物であると考ええる。

## 参考文献

- 1) 川上篤史・新田弘之・久保和幸：低炭素社会に貢献する舗装技術に関する取組み，2010年 舗装 11月号，(株)建設図書，pp14-15
- 2) 舗装性能評価法 別冊，(社)日本道路協会，2008,pp158-190

## 木タールを用いた再生舗装材の実用化と社会的展望

坂田正宏 (三国土木事務所)・三田村文寛 (雪対策・建設技術研究所)  
 福井高専 武井幸久・小泉貞之,前田道路(株) 藤井弘・久野宏・奥村武

### 1 道路舗装の現状と課題

公共事業費の縮小により橋梁のアセットマネジメントの取り組みが各地で始まっている。そして、同様に道路舗装もアセットマネジメントを進めてい

かなければならない状況になっている。例えば、三国土木事務所の近年の年間舗装補修面積は管理面積の 2~3%にとどまっており、年を重ねるにしたがって舗装の劣化が進んでいる。このため、予防保全の対策としてシーラ材注入を積極的に始めたところである。

一方、地球温暖化防止対策も取り組まなければならない重要な課題であり、建設業界では、1990 年度比で 12%の削減を自主目標として取り組んでいるところである。

この状況の中で、アスファルト価格は高騰を続けており、2004 年春の約 3 倍の水準になっている(表 1)。このため、コスト縮減と地球温暖化防止対策とを両立させるためには、我が国、殊に地元で自給できる資源を利用した舗装の開発が求められている。

上記を考慮し、地元で自給可能な資源である木材から抽出される木タールの利用に関する実践的な検討を開始した。本報告はその成果についての第一報である。

さらに今後、中国・インドなどの新興国や他の発展途上国の一層の経済発展に伴う世界全体の温暖化ガス排出の増加や食料・エネルギー需要の増加に対して、地球環境を持続するため、世界中の国々の自立と自律の責任が求められるものと考えられる。

### 2 再生舗装材への木タールの利用の検討 (再生用添加剤としての利用)

現状では、舗装用のタールは、石油アスファルトの普及に伴う使用量の減少により、1983 年に JIS の規定が廃止されている。

今回、利用の検討を行った木タールは木質バイオマスガス化発電の副産物

として発生するものであり、木材 1m<sup>3</sup>に対して約 0.025m<sup>3</sup>産出する<sup>1)</sup>と考えられる。今回は、動粘度がアスファルトよりも小さいことから、舗装材料(再生密粒度アスコン)における再生用添加剤としての利用の検討をおこなった(表 2)。添加量はアスファルト系の添加剤が通常 10%前後であるに対して、木タールは 45%の添加が必要となった。(図 1)。

表1 道路舗装関係材料と木タールの価格(千円/トン;H20 年3月)

ストレートアスファルト	再生用添加剤*1	木タール*2
76(26)*3	150	30

\*1 旧アスファルトの針入度等の性状を回復させるために添加するもの

\*2 山形県産バイオマスガス化発電副産物木タールを福井県まで運搬したもの

\*3 H20(2008)年 3 月の価格、( )内は H16(2004)年 3 月の価格

表2 道路舗装関係材料と木タールの性状

項目	ストレートアスファルト(60~80)	再生用添加剤(標準的性状)	木タール*2
動粘度(60°C)cSt (mm <sup>2</sup> /s)	200	80~1,000 0	34
引火点 °C	260 以上	230 以上	引火しない
薄膜加熱後の粘度比(60°C)	—	2以下	—
薄膜加熱質量変化率%	—	±3 以下	—

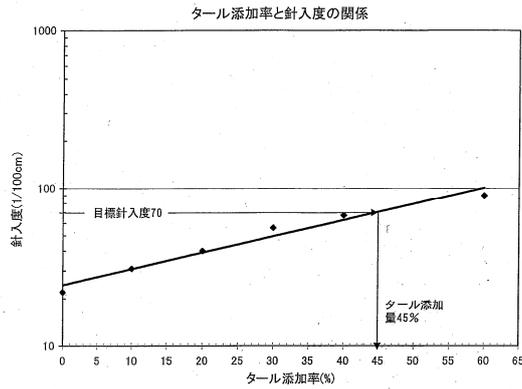


図1 木タールによる針入度の調整

試験法:A041(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧

表3 再生加熱アスファルト混合物(13)配合量

材料の種類	配合率(質量;%)	
	木タール 添加	従来型 (参考)
S-13 (6号)	27	27
S-5 (7号)	12	12
スクリーニングス	6	6
粗砂	6	6
細砂	6	6
石粉(フィラー)	3	3
再生骨材 13~0°	40	40
アスファルト量(木タール含む)	6.1	6.1
(旧アスファルト量)	(2.02)	(2.02)
(木タール量またはアスファルト系再生用添加剤量)	(0.91)	(0.18)
(新アスファルト量)	(3.17)	(3.90)
計	100	

表4 再生加熱アスファルト混合物(13)の  
マーシャル安定度試験<sup>1)</sup>結果)

突固め回数	片面 50回	基準値	室内 配合試験	現場 配合試験 <sup>2)</sup>
空隙率 %		3~6	4.0	4.0
飽和度 %		70~85	77.5	77.5
安定度 kN :A		4.9 以上	11.23	12.19
48時間水侵後の 安定度 :B		—	—	11.18
残留安定度(B/A) %		75 以上	—	91.7
フロー値 1/100cm		20~40	29	30

1)B001(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧[第3分冊]

2)プラント形式:BD-1000AB(B) 60t/h

そして、これを基に配合設計を行い、室内配合試験とプラント配合試験を実施した(表3)。結果は基準値を十分満足するものとなった(表4)。さらに、二重円筒回転粘度試験の結果から、木タールを添加することにより、混合及び締め固め温度を低くできることがわかった(図2)。これにより、製造時のエネルギーの節約(CO<sub>2</sub>の排出削減)につながるといえる。

また、従来型の混合物との価格の比較を行ったところ木タールを使用した合材がトン当たり6.5%程安価になった(表5)。

表5 再生加熱アスファルト混合物(13)の製造持込単価\*(円/トン;H20年3月)

木タール添加型	従来型(アスファルト系再生用添加剤入り)
8800	9400

\*前田道路㈱福井合材工場算出

### 3 今後の研究予定と将来への展望

#### (1) 今後の研究予定

平成20年中には県道での試験施工等を行い、木タール利用の実用化に向けて研究を進めていく予定である(図3,表6)。

#### (2) 将来への展望(森づくり・エネルギー自給と舗装システムの連携)

木タールの供給体制の確保と社会的な展望について述べる。京都議定書で定めた第一約束期間(2008~2012年)における二酸化炭素などの温暖化ガスの削減目標は1990年度比で6%であるが、すでに2006年度には同年度比で6.4%増加している。そこで、実質的には現状の排出量の12.4%の削減が必要となっている。そして、この削減目標のうち、3.8%分を森林で対応することが計画されている。そのため、政府は平成20年度から都道府県への助成制度を設け間伐面積をこれまでの年間35万haから毎年20万haを上乗せした55万haの間伐を行うこととしている。すなわち、新たに年600万m<sup>3</sup>

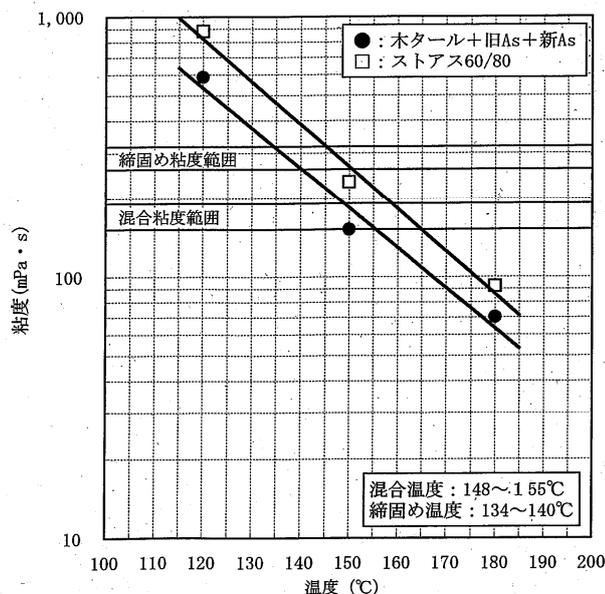


図2 二重円筒回転粘度計による粘度試験

試験法:A052(社)日本道路協会 舗装調査・試験法便覧

木タール添加により、混合温度を10°C低くできる。



図3 木タール添加再生アスファルト舗装の施工

(平成20年3月25日、北潟湖畔自転車道線、あわら市北潟)

表6 今後の研究予定(平成20年度)

<b>FWD試験による耐久性の実証</b>
三国土木管理道路での試験施工と調査
・N3交通の県道(同上6月中)
・N5交通の県道(同上7月中)
<b>CO<sub>2</sub>排出削減量の算出</b>
木タール供給体制構築の検討
<b>耐水性の実証</b>
木タール添加型のアスファルト混合物の再生利用の配合方法の検討

の間伐材<sup>ii)</sup>が発生することになる。

たとえば、福井県内で発生する間伐材を可能な限り木質バイオマスガス化発電に使ったならば、数百世帯分の電力が供給可能になる。また、これにより木タールがおおよそ1千m<sup>3</sup>産出されることになる。これは福井県の年間の再生舗装材使用量54万tの約1.5割に対応できる再生用添加剤の量になる(表7)。

このように、森づくりとエネルギー自給と舗装システムを地域ごとに連携させて、持続可能な地域づくりを進めることを真剣に考え、行動する時にきていると考える。

同時に、間伐や間伐材の利用を円滑に進めるために、大都市圏の居住者の協力が必要な地域もあると考える。このため、大都市圏に住む団塊の世代などのU・Iターンや二地域居住を促進するため生活幹線道路<sup>iii)</sup>の充実が必要であると判断する。また、これは、介護を必要としない9割の高齢者の一層の自立にも貢献し、地域全体の活性化にも役立つものとする。

以上のような点を考慮し、私たち社会資本の整備・維持に関わる者は、広い視野と高い倫理観をもち、クロスセクターベネフィット<sup>iv)</sup>といった手法を活用し事業を評価し、実施しなければならない。

表7 福井県の間伐材の現況と木質バイオマスガス化発電に利用した場合の効果

単位:m<sup>3</sup>

	H13 <sup>1)</sup>	H18 <sup>2)</sup>	H19 <sup>3)</sup>	H20	H20 (南越) <sup>4)</sup>
間伐面積(ha)	4,032	4,856	5,200	5,200	1,180
立木伐採材積①	88,211	185,409	113,700	113,700	28,600
素材換算材積②	45,520	104,770	58,600	58,600	14,300
利用素材材積③ <sup>5)</sup>	12,092	26,206	15,500	15,500	6,000
利用率③/②(%)	26.6	25.0	26.6	26.6	42.0
未利用資源量④=①-③	76,119	159,203	98,200	98,200	22,600
内 搬出可能量 <sup>6)</sup> ⑤	23,600	49,300	30,400	30,400	9,400
搬出可能率⑤/④(%)	31				41
可能木質バイオマスガス化発電量 <sup>7)</sup> (世帯/年);⑤/70 m <sup>3</sup>	337	704	434	434	134
同上木タール産出量 <sup>8)</sup> ⑤×0.025	590	1,230	760	760	230

- 1) 「木質バイオマス活用指針 平成16年3月福井県農林水産部森づくり課」(以下“指針”) p2-10 表2-8の抜粋
- 2) 間伐面積は県産材活用課の資料による。⑤は、H13 搬出可能率により算出した。
- 3) 間伐面積は県産材活用課の資料による。その他の値は、推定。福井県は、森林吸収源対策として平成19年度から平成24年度までの6年間に年間5,200haの間伐を実施予定。
- 4) H13の実績の県全体における比率により推定。
- 5) 間伐材のうち、搬出しても採算がとれない材や製材・丸太・原材料・集成材としての利用が不向きな材(林地放置)を除いたもの
- 6) 林道から200m以内にあるものを対象としている(指針 p2-10)
- 7) 一世帯当たり3kWで計算した。また、2,000kWの木質バイオマスガス化発電を運転するには、60t/日(約120m<sup>3</sup>/日)の木材が必要になる(やまがたグリーンパワー発電所 青木所長からの聴き取り)。したがって、1世帯当たり年間約70m<sup>3</sup>の木材が必要となる(120m<sup>3</sup>/日÷2000kW×3kW≒0.2m<sup>3</sup>/日、0.2m<sup>3</sup>/日×365日≒70m<sup>3</sup>)。
- 8) 2006年度の福井県内の再生舗装材使用量は54万t。これに必要な木タール量は約5,600m<sup>3</sup>≒540,000t×0.91%÷1.145t/m<sup>3</sup>

#### 4 自立と自律のための社会資本整備の提言（食料自給とエネルギー自給の向上のために）

今後、中国やインドなどの新興国や途上国の一層の経済発展により、金さえあればなんでも買えるという状況ではなくなることが考えられる。そして、これに対応し、一国の自立と自律を保つために主要国は戦略的に行動していると判断できる（表8）。例えば、食料自給率を見れば、40年前と比較して上昇している。だが、我が国は周知のとおり減少の一途たどっている。また、エネルギー自給率についても我が国は遅れをとっている（表9）。日本のこの状況を改善するためには、政治が仕組みをつくるのが現在最も急ぐべきことだと考える。だが、私たち、社会資本整備に関わる者が傍観しているわけにはいかない。常に、地域や日本の自立と自律のためにできることはないかを念頭におき、住民や異分野と連携し、可能なことから一つ一つ実践を積み重ねていかなければならない。この積み重ねが10年20年後に大きな成果として実と結んでいるはずである。このことを踏まえて今回、本技術の研究開発成果の報告と合わせて今後の展望についてひとつの提言を行った。

表8 主要国の食料自給率(カロリーベース；%)農林水産省 HP

	1961 昭和 36	2003 平成 15
フランス	99	122
ドイツ	67	84
英国	42	70
アメリカ	119	128
日本	78	40
福井県	64(H10)	67

表9 主要国のエネルギー自給率  
2001年(%)資源エネルギー庁 HP

フランス	50
ドイツ	38
英国	111
アメリカ	75
日本	20

#### <謝辞>

本文を作成するに当たり、坂井森林組合の西川浩一参事には間伐の状況について、県産材活用課木材活用流通グループの牧野康哉主任・齋藤年央主事、同森林育成グループの豊岡正主任には、間伐材の現状や今後の可能性についてお教えいただきました。深く感謝いたします。

また、やまがたグリーンパワー発電所の青木寛彦 所長、鈴木崇之 氏には、木質バイオマスガス化発電についてお教えいただきました。深く感謝いたします。

そして、今回の取り組みの当初から木タールの知識や供給について、小浜竹炭生産組合 鳥羽 曙 組合長には多くの助言をいただきました。鳥羽さんの存在なくして、今回の成果を得ることできなかったものと考えています。ここに甚大なる謝意を表します。

#### <参考>

石川県内で木質バイオマスガス化発電所が平成 20 年 5 月 21 日に竣工します。

発電出力 2500kW

場所：羽咋郡宝達志水町針山牛21

視察：竣工式以降なら可能(要相談)。

連絡先：いしかわグリーンパワー(株)

0767-29-4555(植田所長,総務 細田氏)

以上

i) 「使用木材チップ 60t で約 3m<sup>3</sup>のタールがでる。」やまがたグリーンパワー(株)からの聴き取り。これから、60t ÷ 0.5 t / m<sup>3</sup> = 120 m<sup>3</sup>, 3 m<sup>3</sup> ÷ 120 m<sup>3</sup> = 0.025

ii) 「間伐 1 ha 当たり 30~40m<sup>3</sup>の間伐材が発生する。」(坂井森林組合 西川氏から電話聴き取り.)

iii) 生活幹線道路：市町村の中心部や総合病院, 学校などの主要施設を相互に結ぶ道路で, 全国の総延長は約 17 万km. このうち, 1 万 3 千 km 分の 5 千区間は, 急カーブや狭い道幅によって救急車両もスムーズに走行できないとされている (日本経済新聞 平成 20 年 3 月 28 日) .

iv) クロスセクターベネフィット: ヨーロッパでは 1985 年頃から使われ始めている言葉で, 「ある部門で取られた (しばしば出費を伴う) 行動が, 他部門に利益をもたらす (しばしば節約となる)」という意味. 公共交通を例にすると, 公共交通を誰もが利用しやすいものとすることによって, これまで外出できなかった人が外出できるようになり, 特殊な交通手段を用意する必要がなくなるのみならず, 自分で通院できるようになる (医師が往診する必要がなくなる), 就労の機会がえられる (社会保障の受益者から納税者へとなる) などの変化が生じる. こうして, 公共交通に対する支出が医療費や社会保障費用の削減などにつながり, クロスセクターベネフィットが生じることになる. (引用文献: 「移動の制約の解消が社会を変える - 誰もが利用しやすい公共交通がもたらすクロスセクターベネフィット」 アンドリュー・フォークス 他著, 2004 年, (株)近代出版社)